

Influencia de los factores socioeconómicos en la eficiencia técnica de la recolección de residuos, Lima, Perú

Influence of Socioeconomic Factors on the Technical Efficiency of Waste Collection, Lima, Perú

 Sergio Urbay ^a

 Pamela Humareda ^b

^a Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

^b Universidad Particular Ricardo Palma, Perú

Cómo citar: Urbay, S., & Humareda, P. (2026). Influencia de los factores socioeconómicos en la eficiencia técnica de la recolección de residuos, Lima, Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (18), A001. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202602.A001>



Resumen: Esta investigación tuvo como objetivo analizar la influencia que tienen los factores socioeconómicos sobre la eficiencia técnica en la gestión de recolección de los residuos sólidos de 42 municipios de la provincia de Lima. Para ello, se empleó la metodología del Análisis Envolvente de Datos (DEA), con el fin de estimar la eficiencia técnica de cada municipio. Como variables de entrada se consideraron el nivel de desarrollo humano, tamaño de la población y el personal municipal dedicado a la limpieza pública. Posteriormente, se aplicó el modelo Tobit con el propósito de estimar el efecto de las variables socioeconómicas sobre los niveles de eficiencia obtenidos. Los resultados finales evidencian que el modelo no presenta significativamente estadísticas al 5% ($p=0.1736$). De manera específica, el valor de la población arrojó ($p=0.128$), no mostrando efectos significativos, mientras que el personal de limpieza presentó una relación negativa marginal significativa al 10% ($p=0.0601$). Este estudio aporta evidencia empírica relevante para la formulación de políticas públicas y la mejora en la gestión de recojo de residuos sólidos municipales.

Palabras clave: Eficiencia técnica. Factores socioeconómicos. Residuos sólidos. Análisis envolvente de datos. Residuos sólidos municipales. Desarrollo humano. Gestión pública. Lima, Perú.

Abstract: This research aimed to analyze the influence of socioeconomic factors on technical efficiency in solid waste collection management across the 42 municipalities of the province of Lima. To achieve this, Data Envelopment Analysis (DEA) was employed to estimate the technical efficiency of each municipality. The input variables considered were the level of human development, population size, and municipal personnel dedicated to public cleaning services. Subsequently, a Tobit model was applied to estimate the effect of socioeconomic variables on the efficiency levels obtained. The results show that the model is not statistically significant at the 5% level ($p = 0.1736$). Specifically, population ($p = 0.675$) and the human development index ($p = 0.128$) did not show significant effects, while cleaning personnel exhibited a negative relationship that is marginally significant at the 10% level ($p = 0.0601$). This study provides relevant empirical evidence for the formulation of public policies and the improvement of solid waste collection management at the municipal level.

Keywords: Technical efficiency. Socioeconomic factors. Data envelopment analysis. Municipal solid waste. Human development. Municipal management. Lima, Perú.

1. Introducción

Entre los principales desafíos ambientales que enfrentan la mayoría de las ciudades en el mundo, la gestión de residuos sólidos municipales constituye uno de los retos más relevantes en los ámbitos social, ambiental y económico, especialmente en las urbes en desarrollo. Según el INEI (2021) y el Banco Mundial (2018), Lima es una ciudad donde el crecimiento demográfico y la desigualdad social interactúan con limitados recursos públicos. En ese contexto, la eficiencia técnica en el proceso de recolección de residuos se establecerá como un factor clave para garantizar servicios sostenibles y de buena calidad.

Salazar (2021) y Lo Storto (2021) han desarrollado estudios donde se examinó la eficiencia operativa en la gestión de limpieza pública a través de enfoques cuantitativos, como el Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), y modelos de regresión, centrándose principalmente en aspectos técnicos y logísticos, sin considerar los factores socioeconómicos como elementos clave y determinantes en el desempeño del servicio. Por su parte, investigaciones como la de Rijal et al. (2021) y Mazon et al. (2021) han demostrado que variables como ingreso, escolaridad y cobertura de servicios influyen directamente en la generación y disposición de residuos, así como en la participación ciudadana. No obstante, según Gastaldi et al. (2020), persiste una brecha entre la investigación empírica que relacione estos factores con la eficiencia técnica en el proceso de recolección de residuos municipales.

Asimismo, estudios como O'Loughlin & Wilson (2021) resaltan las diferencias en los niveles en desarrollo y en la capacidad de gestión en el recojo de residuos. En los 43 distritos de Lima Metropolitana es posible observar dichas diferencias; sin embargo, no

existe evidencia concluyente sobre cómo los factores sociales y económicos puedan afectar, de manera directa o indirecta, la eficiencia de la gestión en la recolección de los residuos municipales.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia de los factores socioeconómicos sobre la eficiencia técnica en el proceso de recolección de residuos sólidos municipales en los distritos de la provincia de Lima. Para ello, se adopta un enfoque cuantitativo, empleando como soporte modelos econométricos como el modelo Tobit.

Para ello, se estableció una hipótesis general:

- (Hg) Los factores socioeconómicos inciden significativamente en la eficiencia técnica de la recolección de residuos sólidos.

Y tres hipótesis específicas:

- (H1) El tamaño de la población de usuarios influye significativamente sobre la eficiencia técnica de la recolección.
- (H2) El nivel de desarrollo humano de los usuarios incide significativamente en la eficiencia técnica de la recolección.
- (H3) La cantidad de personal dedicado a limpieza pública influye significativamente en la eficiencia técnica de la recolección.

2. Marco Teórico

Los *factores socioeconómicos* se refieren a las características sociales y económicas que describen el entorno de una población. Según Yáñez et al. (2021), condiciones como la salud, la educación y la migración (en relación con el empleo) constituyen factores socioeconómicos que influyen en el desempeño económico. Estas variables tienen una implicancia directa en el proceso de consumo, generación de residuos, reciclaje y participación de la población en la gestión ambiental.

Taboada et al. (2010) y Wilson et al. (2012) señalan que en contextos de bajos ingresos existe un alto nivel de informalidad en relación a la gestión de residuos, así como una limitada conciencia ambiental, lo cual afecta negativamente el proceso de recolección de residuos. Además, la educación ambiental se considera una variable relevante, ya que contribuye a mejorar la gestión del recojo de los residuos sólidos municipales.

La *eficiencia técnica* está referida a la disposición de una entidad (en nuestro estudio, las municipalidades) para utilizar de manera óptima los recursos disponibles, los cuales pueden ser humanos, económicos o materiales, con el fin de alcanzar el máximo nivel de producto o servicio (Farrell, 1957). En el contexto de la gestión sobre la recolección de

residuos, la eficiencia técnica implica desarrollar las actividades de limpieza municipal utilizando la menor cantidad de recursos posibles, sin afectar la cobertura ni la calidad del servicio.

Estudios como los de Wang (2018) y Wang & Chen (2020) emplearon el Análisis Envoltante de Datos y el modelo Tobit con la finalidad de identificar factores internos y externos que puedan implicar en el desempeño de la gestión del recojo de los residuos municipales. Cada investigación consideró la importancia de algunas variables, como presupuesto, cantidad de trabajadores, el equipamiento disponible y las condiciones sociales de la población atendida.

Son pocas las investigaciones que han abordado la relación entre eficiencia y factores estructurales de manera específica en el contexto limeño, en donde, además, se evidencian marcadas diferencias socioeconómicas entre distritos. Martínez et al. (2020) y Rodríguez et al. (2022) son de los pocos autores que realizaron dicho tipo de estudio en algunas municipalidades de Lima, donde identificaron variables como presupuesto, gasto público y desarrollo local, las cuales presentan una correlación significativa con la eficiencia en la recolección de residuos.

En ese sentido, la presente investigación busca contribuir a este tema, aportando evidencia empírica sobre cómo los factores socioeconómicos inciden en la eficiencia técnica de los servicios de recolección de residuos en la provincia de Lima. Para ello, se emplean herramientas de análisis econométrico que permitan identificar con precisión dichas relaciones.

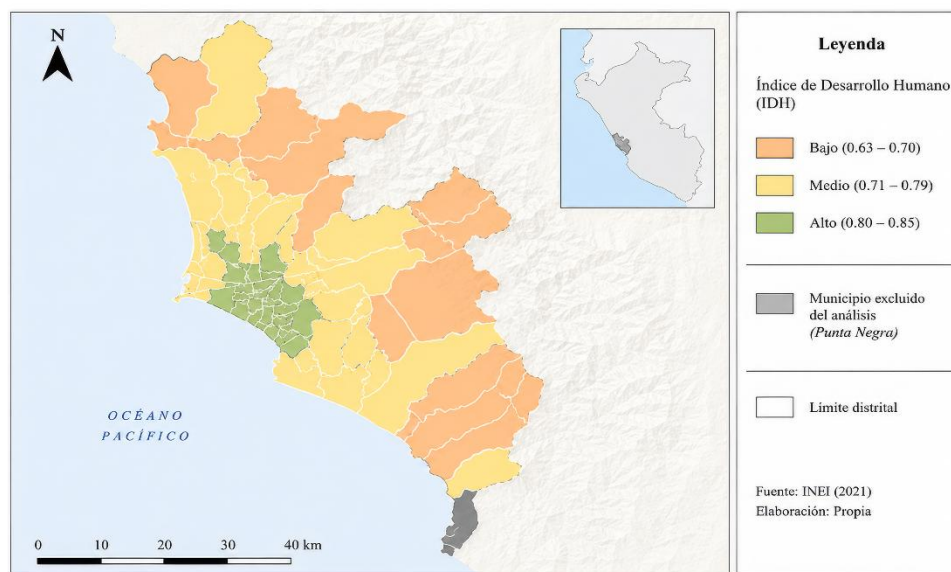
3. Metodología

3.1 Área de estudio

Para el presente análisis se consideraron 42 de las 43 municipalidades de Lima Metropolitana, excluyéndose el distrito de Punta Negra debido a la falta de disponibilidad de información.

En la Figura 1 se puede ver la distribución espacial de los distritos analizados, así como su clasificación según el Índice de Desarrollo Humano (IDH), evidenciando una marcada heterogeneidad socioeconómica entre las jurisdicciones. Se observa la coexistencia de distritos con altos niveles de desarrollo, como Jesús María y San Isidro, frente a otros con menores niveles relativos, como Pucusana y Pachacámac. Esta diversidad territorial constituye un elemento clave para el análisis de la eficiencia en la gestión de residuos sólidos, al reflejar diferencias estructurales que podrían influir en el desempeño municipal.

Figura 1. Municipalidades de Lima Metropolitana incluidas en el análisis (clasificación según IDH)



Elaboración propia con datos del INEI (2021).

3.2 Tipo y diseño de investigación

Este estudio es de enfoque cuantitativo, de tipo correlacional y explicativo, y busca analizar la relación entre los factores socioeconómicos y la eficiencia técnica en relación a la gestión del recojo de residuos sólidos municipales. El diseño de la investigación es no experimental y de corte transversal. La información se recogió en un único momento del tiempo.

Se trabajó con una muestra censal de 42 municipalidades, seleccionadas en función de la disponibilidad y completitud de la información durante el periodo de análisis. Estas municipalidades son responsables de la prestación del servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos.

Con la finalidad de caracterizar las variables empleadas en el análisis, se calcularon las estadísticas descriptivas en relación a las variables socioeconómicas y operativas, las cuales fueron consideradas en el estudio y permitirán conocer el comportamiento general de los datos utilizados y, al mismo tiempo, evaluar la variabilidad que exista entre las municipalidades antes de aplicar el modelo de eficiencia técnica. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos, variables utilizadas en el estudio

Variable	N	Media	Desviación estándar	min.	máx.
Población	42	221689.2	240315.2	1739	1162474
Índice desarrollo	42	.7479995	.0593424	.630775	.8520949
Personal limpieza	42	108.4286	81.61514	10	337
Camiones compactadores	42	6.02381	10.28256	1	54
Presupuesto 2018 (en millones de moneda local)	42	113.0	266.0	6.59	1760.0

Los resultados muestran que la población presenta una elevada dispersión entre los distritos, reflejando valores mínimos y máximos observados. Del mismo modo, en las variables que representan el número de trabajadores de limpieza y la cantidad de camiones compactadores, se puede observar variabilidad considerable entre los municipios. Sobre el IDH, este presenta menor dispersión relativa, evidenciando condiciones socioeconómicas más homogéneas entre las unidades del estudio. Estas diferencias justifican la aplicación de técnicas orientadas a evaluar la eficiencia técnica, considerando características estructurales y operativas diferenciadas.

A continuación, se presentan las variables dependientes e independientes empleadas en el análisis del estudio:

- Variable dependiente: Eficiencia técnica en la recolección de residuos sólidos.
- Variables independientes (socioeconómicas):
 - Población total usuaria del servicio.
 - Índice de Desarrollo Humano municipal.
 - Número de trabajadores de limpieza pública.

● **Recolección de datos**

Los datos fueron recolectados de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística (INEI), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Posteriormente, esa información fue integrada en una base de datos para su análisis econométrico y estadístico.

● **Técnicas de análisis**

Se empleó el Análisis Envolvente de Datos (DEA) para estimar los niveles de eficiencia técnica relativa entre municipalidades. Asimismo, se utilizó un modelo econométrico tipo Tobit para evaluar la relación entre los factores socioeconómicos y la eficiencia técnica, dado que las eficiencias del DEA están acotadas entre 0 y 1.

Posteriormente, se aplicó el comando Margins para determinar los efectos marginales promedio de las variables independientes sobre la eficiencia técnica. El modelo fue estimado utilizando el software Stata versión 15. Adicionalmente, se realizaron pruebas de significancia estadística, evaluación del ajuste del modelo mediante el estadístico LR chi-cuadrado (LR χ^2) e intervalos de confianza, con el fin de validar la solidez de los resultados.

4. Resultados y discusión

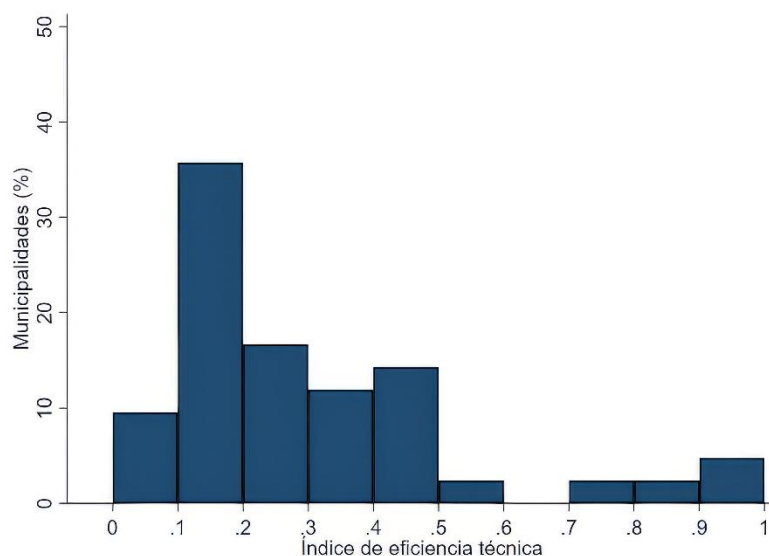
Para obtener los resultados de eficiencia técnica, se empleó el software Stata 15, junto con el modelo no paramétrico denominado Análisis Envolvente de Datos (DEA). A través de esta metodología, se realizó la clasificación y distribución de los niveles de eficiencia técnica de los 42 municipios de Lima Metropolitana.

4.1 Análisis de eficiencia técnica mediante DEA

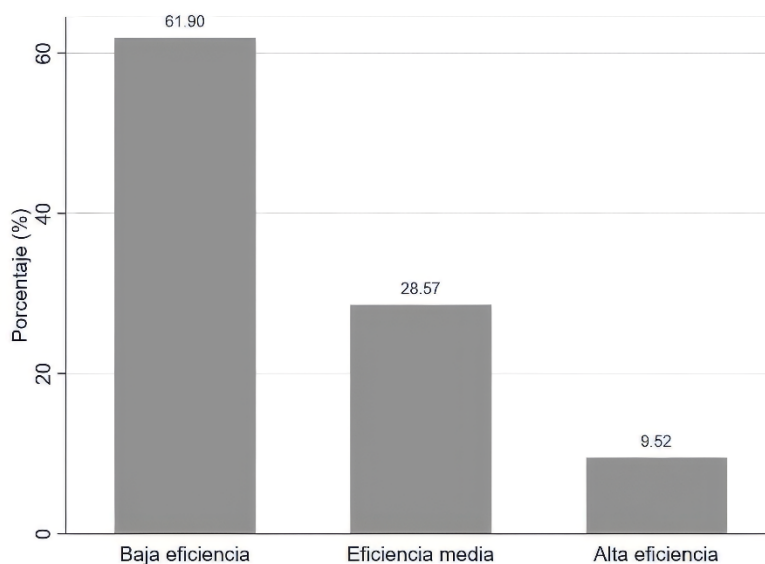
Mediante el software Stata 15 y la aplicación del modelo DEA, se ejecutaron comandos específicos para cada variable, con la finalidad de estimar los niveles de la eficiencia técnica de cada municipio. Este procedimiento permitió dar respuesta a las cuatro hipótesis planteadas en el estudio.

Para este análisis, se consideraron como variables de entrada (*inputs*) diversos factores socioeconómicos, tales como la población, el índice de desarrollo, el número de trabajadores de limpieza. Como variable de salida (*output*), se incluyó el nivel de eficiencia en el servicio de recolección de residuos municipales, considerando materiales como papel, vidrio, plástico, entre otros. Este enfoque permitió evaluar qué tan eficientemente cada municipalidad transforma sus recursos disponibles en resultados concretos dentro del proceso de residuos sólidos.

Se buscó determinar la distribución general de los niveles de eficiencia técnica obtenidos de las municipalidades mediante el DEA, el cual permite identificar las concentraciones de niveles altos o bajos de desempeño y reconocer posibles diferencias en la eficiencia. En la Figura 2 se presenta la distribución de valores de eficiencia técnica estimados para las municipalidades.

Figura 2. Distribución de la eficiencia técnica municipal mediante el análisis DEA

Con el propósito de identificar el nivel de desempeño municipal relativo al recojo de residuos sólidos, y mediante el análisis envolvente de datos, se pudo obtener la distribución porcentual de los grupos de eficiencia técnica. Los resultados fueron tres categorías: baja eficiencia (Grupo 1), eficiencia media (Grupo 2) y alta eficiencia (Grupo 3), como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Distribución de grupos de eficiencia técnica, resultados DEA (recolección de residuos)

Sobre los resultados de la Figura 2, se puede evidenciar una concentración considerable de municipalidades en niveles bajos y medios de eficiencia técnica, con valores por debajo del 0.40 en relación al índice de eficiencia obtenida mediante el análisis DEA. Asimismo, solo un grupo reducido de municipalidades alcanza niveles cercanos a la frontera eficiente

(índices próximos a 1). Este comportamiento indica heterogeneidad en el desempeño municipal relacionado con la recolección de residuos sólidos.

Complementariamente, los resultados de la Figura 3 evidencian que la mayor proporción de municipalidades se concentra en el grupo de baja eficiencia técnica (61.90%), seguido por el grupo de eficiencia media (28.57%), mientras que solo el 9.52% alcanza niveles de alta eficiencia. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la mayoría de las municipalidades aún presentan oportunidades de mejora en el uso de sus recursos y gestión operativa.

Mostramos a continuación uno de los comandos que se utilizó para determinar la eficiencia técnica del vidrio:

*dea Vidrio = Población Índice_desarrollo Personal_limpieza, saving
("Eficiencia_Vidrio_DEA")*

Posteriormente, se definieron tres rangos de eficiencia con el objetivo de clasificar a las municipalidades según su nivel de eficiencia técnica:

Grupo 3 = Eficiencia Total ≥ 0.7

Grupo 2 = Eficiencia Total ≥ 0.3 & Eficiencia Total < 0.7

Grupo 1 = Eficiencia Total < 0.3

A continuación, se muestran 10 de las 42 municipalidades que lograron obtener la eficiencia técnica (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de municipios, eficiencia total y grupos de eficiencia

Municipios	Eficiencia total	Grupos de eficiencia
Santa María del Mar	1	3
Chaclacayo	1	3
San Bartolo	.888102	3
Punta Hermosa	.7317894	3
Carabayllo	.5879667	2
San Martín de Porres	.4711815	2
Comas	.4710098	2
Cieneguilla	.4669702	2
Puente Piedra	.4331359	2
Ate	.4286042	2
Santa Rosa	.4271313	2
Los Olivos	.3913229	2
Pachacamac	.3685395	2
Santa Anita	.3231772	2
Independencia	.3217224	2
Villa El Salvador	.3020205	2
Miraflores	.253194	1
Rímac	.2457348	1
San Borja	.2454047	1

• Grupos de eficiencia

Una vez obtenida la eficiencia técnica mediante DEA, y a través del software Stata 15, se procedió a clasificar y distribuir a los 42 municipios de Lima Metropolitana según su nivel de eficiencia. Los resultados obtenidos, representados en la Tabla 3, muestran lo siguiente:

- 4 municipios, que representan solo el 9.5%, lograron alcanzar una alta eficiencia, correspondientes al Grupo 3.
- 12 municipios, que representan el 28.57%, alcanzaron únicamente una eficiencia media, correspondientes al Grupo 2.
- 26 municipios, que representan el 61.90%, obtuvieron una baja eficiencia, correspondientes al Grupo 1.

Tabla 3. Grupos de eficiencia

Grupo	Freq.	%	% Acumulado
1 Eficiencia baja	26	61.90	61.90
2 Eficiencia mediana	12	28.57	90.48
3 Eficiencia alta	4	9.52	100.00
Total	42	100	

4.2 Resultados del modelo Tobit y comando Margins

Mediante el software Stata se estimó un modelo de regresión Tobit, adecuado para variables dependientes acotadas, como es el caso de la eficiencia técnica (valor entre 0 y 1). Posteriormente, se empleó el comando Margins como herramienta complementaria, con el objetivo de estimar los efectos marginales promedio de las variables independientes, constituyendo así un análisis adicional al modelo Tobit.

- **Hipótesis general:** Los factores socioeconómicos inciden significativamente en la eficiencia técnica de la recolección de residuos sólidos.

Regression Tobit: Hipótesis general

Number of obs = 42	Uncensored = 40	log likelihood = -1.1997844
LR chi2(3) = 4.97	Prob > chi2 = 0.1736	Pseudo R2 = 0.6746

Tabla 4. Tobit: Eficiencia total II (0) ul (1)

Eficiencia_Total	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Población	2.03e-08	1.80e-07	0.11	0.910	-3.43e-07	3.84e-07
Índice desarrollo	-.7225503	.6598752	-1.09	0.280	-2.057274	.6121733
Personal limpieza	-.000774	.0005314	-1.46	0.153	-.0018489	.0003009
_cons	.9313845	.4906459	1.90	0.065	-.0610406	1.92381
Var (e. Eficiencia_Total)	.0528773	.012045			.0333555	.0838247

Análisis de Eficiencia realizado mediante el modelo Tobit en software Stata 15.

Tabla 5. Comando Margins: Hipótesis general

	dy/dx	Delta-method	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
		Std. Err.				
Población	2.03e-08	1.80e-07	0.11	0.910	-3.43e-07	3.84e-07
Índice_desarrollo	-.7225503	.6598752	-1.09	0.280	-2.057274	.6121733
Personal_limpieza	-.000774	.0005314	-1.46	0.153	-.0018489	.0003009

Análisis de Eficiencia Técnica mediante efectos marginales estimados utilizando el software Stata 15.

- **Hipótesis específica 1:** El tamaño de la población de usuarios influye significativamente sobre la eficiencia técnica de la recolección.

Regression Tobit: Hipótesis 1

Number of obs = 42	Uncensored = 40	log likelihood = -3.598344
LR chi2(1) = 0.18	Prob > chi2 = 0.6732	Pseudo R2 = 0.0241

Tabla 6. Tobit: Eficiencia Total (Población) II (0) ul (1)

Eficiencia_Total	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Población	-6.70e-08	1.59e-07	-0.42	0.675	-3.88e-07	2.54e-07
_cons	.3265442	.0517105	6.31	0.000	.2221128	.4309756
Var (e. Eficiencia_Total)	.0595864	.0135728			.0376153	.0943909

Análisis de Eficiencia realizado mediante el modelo Tobit en software Stata 15.

Tabla 7. Comando Margins: Hipótesis específica 1 (Población)

	dy/dx	Delta-method	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
		Std. Err.				
Población	-6.70e-08	1.59e-07	-0.42	0.675	-3.88e-07	2.54e-07

Análisis de Eficiencia Técnica mediante efectos marginales estimados utilizando el software Stata 15.

- **Hipótesis específica 2:** El nivel de desarrollo humano de los usuarios incide significativamente en la eficiencia técnica de la recolección.

Regression Tobit: Hipótesis específica 2

Number of obs = 42	Uncensored = 40	log likelihood = -2.5200575
LR chi2(1) = 2.33	Prob > chi2 = 0.1265	Pseudo R2 = 0.3165

Tabla 8. Tobit: Eficiencia total (Índice desarrollo), ll (0) ul (1)

Eficiencia_Total	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Índice_desarrollo	-.9684313	.6240962	-1.55	0.128	-2.228819	.2919566
_cons	1.035837	.4682491	2.21	0.033	.0901887	1.981485
Var (e. Eficiencia_Total)	.0562302	.0128128			.0354909	.0890886

Análisis de Eficiencia realizado mediante el modelo Tobit en software Stata 15.

Tabla 9. Comando Margins; Hipótesis específica 2 (Índice desarrollo)

	dy/dx	Delta-method	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
		Std. Err.				
Índice_desarrollo	-.9684313	.6240962	-1.55	0.128	-2.228819	.2919566

Análisis de Eficiencia Técnica mediante efectos marginales estimados utilizando el software Stata 15.

- **Hipótesis específica 3:** La cantidad de personal dedicado a limpieza pública influye significativamente en la eficiencia técnica de la recolección.

Regression Tobit: Hipótesis específica 3

Number of obs = 42	Uncensored = 40	log likelihood = -1.9195381
LR chi2(1) = 3.54	Prob > chi2 = 0.0601	Pseudo R2 = 0.4794

Tabla 10. Tobit: Eficiencia Total (Personal limpieza) ll (0) ul (1)

Eficiencia_Total	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Personal_limpieza	-.0008618	.0004498	-1.92	0.062	-.0017701	.0000465
_cons	.4051152	.0609017	6.65	0.000	.2821217	.5281087
var (e. Eficiencia_Total)	.0549854	.0125202			.0347165	.0870879

Análisis de Eficiencia realizado mediante el modelo Tobit en software Stata 15.

Tabla 11: Comando Margins Hipótesis específica 3: (Personal limpieza)

	dy/dx	Delta-method	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
		Std. Err.				
Personal_limpieza	-.0008618	.0004498	-1.92	0.062	-.0017701	.0000465

Análisis de Eficiencia Técnica mediante efectos marginales estimados utilizando el software Stata 15.

4.3 Pruebas de hipótesis

Para contrastar las hipótesis planteadas, se aplicó el modelo Tobit, considerando como variable dependiente la eficiencia técnica total, la cual fue estimada por el DEA. Asimismo, se incluyeron como variables independientes la población, el índice de desarrollo humano y el personal de limpieza pública. Posteriormente, mediante el comando Margins, se procedió a estimar los efectos marginales promedio para cada variable explicativa, con el fin de analizar su impacto sobre la eficiencia técnica.

- **Hipótesis general:** Los factores socioeconómicos inciden significativamente en la eficiencia técnica de la recolección de residuos sólidos

La siguiente matriz muestra la correlación entre las variables socioeconómicas y el grupo de eficiencia técnica de las municipalidades evaluadas mediante el DEA. El objetivo principal del análisis es identificar la dirección e intensidad de la asociación entre las características municipales y la población, el índice de desarrollo humano, el personal de limpieza, el número de camiones compactadores, el presupuesto municipal y el nivel de eficiencia técnica alcanzado en el servicio de recolección de residuos sólidos (ver Tabla 12).

Tabla 12. Matriz de correlaciones entre variables socioeconómicas y eficiencia técnica

	Población	Índice_d	Personal_l	Camiones_c	Presupuesto	Grupo_efi
Población	1					
	42					
Índice_d:	-0.1969	1				
	0.2113					
	42	42				
Personal_l	0.4634	0.2156	1			
	0.0020	0.1702				
	42	42	42			
Camiones_c	0.4427	-0.2327	0.4088	1		
	0.0033	0.1381	0.0072			
	42	42	42	42		
Presupuesto	0.1379	0.0402	0.1183	0.0381	1	
	0.3840	0.8003	0.4554	0.8106		
	42	42	42	42	42	
Grupo_efi	-0.0108	-0.3602	-0.2593	0.1185	-0.1746	1
	0.9457	0.0191	0.0972	0.4550	0.2687	
	42	42	42	42	42	42

Los resultados de la Tabla 12 muestran que existen relaciones diferenciadas entre las variables analizadas. Se observa una correlación positiva y estadísticamente significativa entre la población y el personal de limpieza, población y el número de camiones compactadores. Respecto a la eficiencia técnica, el único resultado estadísticamente significativo corresponde al índice de desarrollo humano. Por otro lado, las variables población, personal de limpieza, número de camiones compactadores y presupuesto municipal no muestran asociaciones estadísticamente significativas con el grupo de eficiencia técnica. El modelo no mostró significancia estadística global al nivel del 5% ($\chi^2 = 4.97$; $p = 0.1736$), indicando que estas variables no explican significativamente la eficiencia. Si bien el valor de Pseudo R^2 fue 0.6746, que sugiere un buen ajuste relativamente adecuado del modelo, las variables incluidas no resultaron significativas.

En consecuencia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis general (Hg), no existen evidencias suficientes para afirmar que los factores socioeconómicos inciden significativamente en la eficiencia técnica de la recolección de residuos sólidos.

- **Hipótesis específica 1:** El tamaño de la población de usuarios influye significativamente sobre la eficiencia técnica de la recolección

Con el intervalo de confianza del 95%, el modelo obtuvo un valor LR $\chi^2 = 0.18$ y un p-valor = 0.6732, lo cual establece que la variable población no resulta estadísticamente significativa para explicar la eficiencia técnica total. Asimismo, el coeficiente estimado para esa variable fue -6.70e-08, con un p-valor de 0.675, lo que confirma su baja relevancia estadística.

Por otro lado, el valor del Pseudo R^2 fue 0.0241, lo que sugiere un muy bajo poder explicativo del modelo. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis específica 1, estableciéndose que el tamaño de la población de usuarios no influye significativamente sobre la eficiencia técnica de la recolección de residuos sólidos.

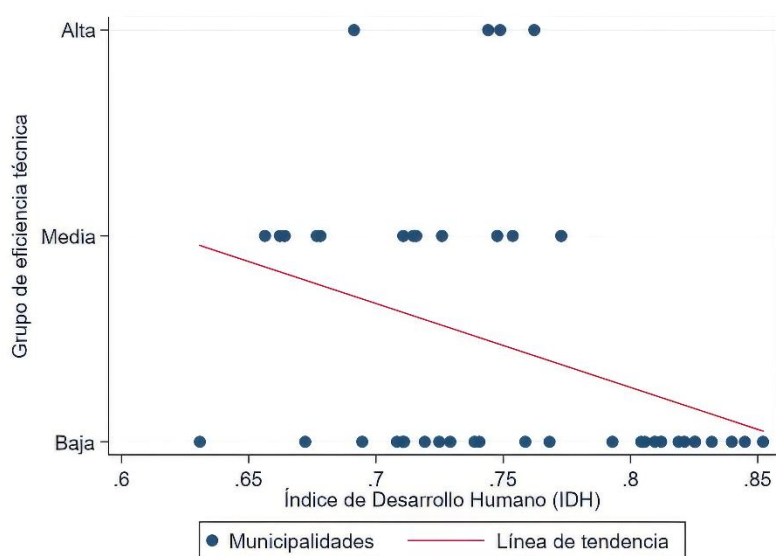
- **Hipótesis específica 2:** El nivel de desarrollo humano de los usuarios incide significativamente en la eficiencia técnica de la recolección

El modelo arrojó un valor de LR $\chi^2 = 2.33$, con un p-valor = 0.1265, esto indica que no es estadísticamente significativo al 5% ni al 10%. Asimismo, el coeficiente fue -0.9684, con un p-valor de 0.128, evidenciando que esta variable no tiene un efecto significativo sobre la eficiencia técnica.

Si bien el valor de Pseudo R^2 fue de 0.3165, sugiriendo una capacidad explicativa moderada del modelo, el intervalo de confianza del 95% incluye el cero, lo que refuerza la falta de significancia estadística. En consecuencia, se rechaza la hipótesis específica 2 y se acepta la hipótesis nula, concluyendo que el nivel de desarrollo humano de los usuarios no incide significativamente en la eficiencia técnica de la recolección.

A continuación, en la Figura 4 se puede ver cómo, mediante el análisis DEA, se determinó la relación entre el índice de desarrollo humano y el grupo de eficiencia técnica para el servicio de recolección de residuos sólidos. Teniendo como objetivo el determinar si mayores niveles de desarrollo humano se asocian con mejores niveles de eficiencia técnica municipal. Para ello, se representan los grupos de eficiencia (baja, media y alta) junto con una línea de tendencia ajustada que resume el comportamiento general de los datos.

Figura 4. Relación índice de desarrollo humano y el grupo de eficiencia técnica



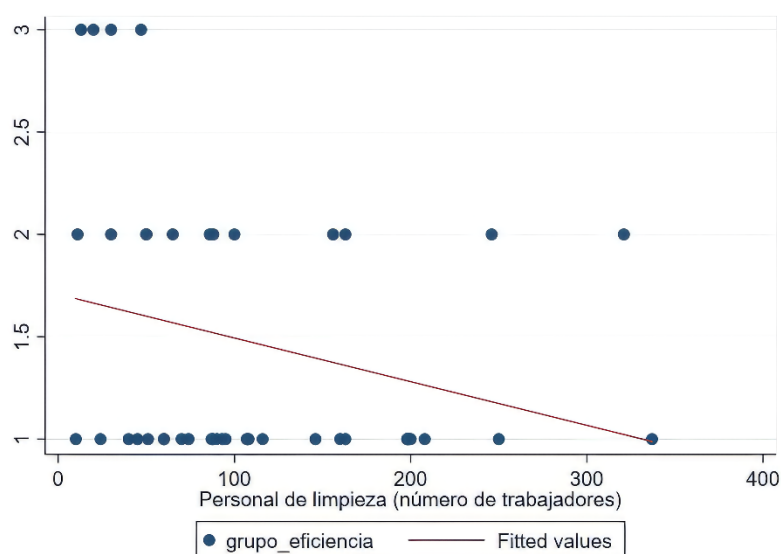
La Figura 4 evidencia una tendencia positiva moderada entre el índice de desarrollo humano y el nivel de eficiencia técnica; sin embargo, esta relación no es uniforme entre todas las municipalidades. Aunque algunos municipios con mayor IDH se ubican en grupos de eficiencia más altos, también existen municipios con niveles intermedios y bajos de eficiencia dentro de rangos similares de desarrollo humano.

- **Hipótesis específica 3:** La cantidad de personal dedicado a limpieza pública influye significativamente en la eficiencia técnica de la recolección

El modelo Tobit mostró los siguientes valores al nivel de significancia del 10% ($\alpha = 0.10$): el valor $p = 0.0601$ es menor que 0.10, por lo tanto, se rechaza marginalmente la hipótesis nula. Este resultado sugiere la existencia de una relación débilmente significativa entre el número de trabajadores de limpieza y la eficiencia técnica. Sin embargo, al nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), el valor p no es menor que 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula. En este sentido, la evidencia no es concluyente bajo criterios más estrictos de significancia estadística. Por ello, es recomendable profundizar en esta línea de investigación en estudios futuros, incorporando variables adicionales que permitan comprender mejor esta relación y reducir la incertidumbre observada en los resultados.

En la Figura 5 se puede apreciar la relación entre el número de trabajadores destinados al servicio de limpieza pública y el nivel de eficiencia técnica de las municipalidades, el cual fue estimado mediante el DEA. Se buscó evaluar si una mayor disponibilidad de personal se asocia con mejores niveles de desempeño en la recolección de residuos sólidos. Para ello, cada punto representa una municipalidad clasificada según su grupo de eficiencia técnica (baja, media y alta), mientras que la línea de tendencia muestra el comportamiento general de la relación entre ambas variables.

Figura 5. Relación entre el personal de limpieza y el grupo de eficiencia técnica



Los resultados de la Figura 5 muestran que la mayor concentración de municipalidades se ubica en el grupo de baja eficiencia técnica, incluso en casos donde se dispone de una mayor cantidad de personal de limpieza. Asimismo, las municipalidades con niveles altos de eficiencia se concentran principalmente en rangos bajos o moderados de trabajadores asignados al servicio.

4.4 Discusión de resultados

A partir de la estimación del modelo Tobit, mediante el software Stata, se analizaron las variables población, índice de desarrollo humano, personal de limpieza pública. Los resultados indican que, en términos generales, dichas variables no presentan efectos estadísticamente significativos sobre la eficiencia técnica en la recolección de residuos sólidos. Esta afirmación se relaciona con estudios ya realizados donde se destaca la importancia de la gestión y la calidad del proceso más que el aumento de recursos

4.4.1 Comparación con estudios previos

Los resultados obtenidos coinciden parcialmente con investigaciones previas que destacan la importancia de la gestión por encima de los recursos físicos o demográficos. Como ejemplo podemos mencionar a Rodríguez et al. (2022) y Rijal et al. (2021), que demostraron que combinar los factores demográficos con mejoras en la gestión permite incrementar los niveles de eficiencia.

Del mismo modo, Salazar (2021) y Lo Storto (2021) mencionan que el desempeño del personal y el uso de equipos logran aumentar su eficiencia cuando están acompañados de innovaciones y mejoras organizativas. Mientras que Gastaldi et al. (2020) y O'Loughlin y Wilson (2021) concluyeron que la planificación y el *benchmarking* son factores más determinantes que la simple disponibilidad de recursos.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan la idea de que la eficiencia técnica no se logra únicamente mediante el incremento de insumos, sino que depende críticamente de la calidad y composición de los residuos sólidos generados, así como de la optimización de procesos y una óptima combinación de recursos humanos y tecnológicos.

4.4.2 Implicaciones prácticas

El estudio sugiere que incrementar mayor cantidad de personal no garantiza mayor eficiencia en la gestión. En cambio, si se prioriza mejorar la planificación, la tecnología y los procesos operativos, existiría un cambio positivo en la eficiencia.

Asimismo, dado que variables como el índice de desarrollo humano y la población no mostraron un impacto significativo, se evidencia la necesidad de considerar factores organizativos o institucionales, los cuales podrían tener mayor relevancia en los factores socioeconómicos. En ese sentido, se recomienda la implementación de indicadores de desempeño, capacitación continua del personal y la promoción de buenas prácticas entre los municipios.

4.4.3 Limitaciones y futuras investigaciones

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, el análisis se realizó sobre 42 municipalidades, lo cual podría restringir la generación de los resultados. Asimismo, no se incluyeron algunas variables relevantes como la participación ciudadana, la calidad de la generación o el nivel de adopción tecnológica, las cuales podrían influir significativamente en los niveles de eficiencia.

En este contexto, sería pertinente el uso de enfoques longitudinales que permitan analizar la evolución de la eficiencia técnica a lo largo del tiempo.

5. Conclusiones y recomendaciones

- Hipótesis general: Aunque el modelo Tobit mostró un pseudo R^2 de 0.6746, considerado moderado, las variables independientes analizadas no resultaron estadísticamente significativas. Esto sugiere que la eficiencia técnica no depende directamente de los factores socioeconómicos analizados, sino posiblemente de otros elementos de carácter estructural, organizacional o tecnológico.
- Hipótesis específica 1: La variable población de usuarios no resultó estadísticamente significativa respecto a la eficiencia técnica, este resultado indica que un mayor tamaño poblacional no garantiza un mejor desempeño, especialmente si no está acompañado de una adecuada planificación y gestión en el proceso.
- Hipótesis específica 2: El índice de desarrollo humano no presentó una influencia estadísticamente significativa en la eficiencia técnica. Esto evidencia que factores estructurales como el desarrollo humano requieren ser complementados con políticas de gestión eficientes para generar un impacto positivo.
- Hipótesis específica 3: Los resultados muestran que, a un nivel de significancia del 10%, se rechaza marginalmente la hipótesis nula, lo que sugiere una posible relación negativa entre la cantidad de trabajadores y la eficiencia técnica. Sin embargo, a un nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis nula, indicando que el incremento del personal de limpieza podría asociarse a una leve disminución en la eficiencia técnica.

Recomendaciones

- Gestión de recursos humanos o tecnológicos: Se recomienda priorizar la eficiencia en la gestión de procesos, el uso de tecnologías complementarias y la planificación estratégica. La evidencia sugiere que la eficiencia técnica mejora más mediante la optimización de modelos operativos y la adopción de buenas prácticas que mediante el simple incremento de insumos.
- Crecimiento poblacional: Es importante adaptar sus procesos operativos al tamaño poblacional, asegurando que el diseño del servicio (frecuencia, rutas y cobertura) responda a las necesidades específicas, evitando sobredimensionar los recursos.
- Mayor nivel de desarrollo: Se recomienda fortalecer las estructuras de gestión interna, promover la participación ciudadana en actividades como el reciclaje y cumplimiento normativo, y evitar asumir que las desventajas socioeconómicas garantizan la eficiencia técnica.

- Capacitar al personal y tecnología: Dado que se observa una relación negativa y marginal entre el número de trabajadores y la eficiencia técnica, se recomienda que las municipalidades evalúen no solo la cantidad de personal, sino también su nivel de capacitación y herramientas tecnológicas disponibles, con el fin de tener un mejor rendimiento operativo del personal.

Referencias

Banco Mundial (29 de setiembre de 2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. <http://hdl.handle.net/10986/30317>

Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), pp. 253-290. <https://rss.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2307/2343100>

Gastaldi, M.; Lombardi, G.; Rapposelli, A. & Romano, G. (2020). The Efficiency of Waste Sector in Italy: An Application by Data Envelopment Analysis. *Environmental and Climate Technologies*, 4(3), pp. 225-238. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0099>

INEI (1 de noviembre de 2021). *Compendio Estadístico. Perú 2021*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3117981/Compendio%20Estad%20C3%ADstico.%20Per%20C3%BA%202021%20%28Tomo%201%29.pdf?v=1653079933>

Lo Storto, C. (2021). Productivity Analysis of Municipal Solid Waste Collection in Italy using SBM DEA Malmquist Index. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 837 012002. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/837/1/012002>

Martínez, J.; Salazar, C. & Améstica, L. (2020). ¿Son los Gobiernos locales más eficientes cuando su coalición política está en el Gobierno central? Un estudio para el caso de las municipalidades en Chile. *Estudios de economía*, 7(91), pp. 49-78. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-52862020000100049>

Mazon, L.; Torres, S. & Flemming, C. (2021). Financiamento e gestão: a eficiência técnica dos municípios catarinenses de pequeno porte nos gastos públicos com saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26(4). <https://www.scielo.br/j/csc/a/55dC6KfZxm8yZfSyMnXY7TF/?lang=pt>

O'Loughlin, C. & Wilson, P. (2021). Benchmarking the performance of US Municipalities. *Empirical Economics*, 60, pp. 2265-2700. <https://doi.org/10.1007/s00181-021-02026-2>

Rijal, S.; Huang, Y. & Lin, H. (2021). An Integrated Approach to Municipal Solid Waste Recycling Performance Evaluation by Incorporating Local Demographic Features. *Sustainability*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810446>

Rodríguez, M. d.; Hidalgo, C.; Álvarez, R. & Del Río, S. (2022). Eficiencia Técnica y sus factores de ajuste de los municipios productivos de la Denominación de Origen León (España) en 2008 y 2018. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 42(2), pp. 485-508. <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/85181>

Salazar, A. (2021). The efficiency of municipal solid waste collection in Mexico. *Waste Management*, 133, pp. 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.008>

Taboada, P.; Armijo, C.; Aguilar, Q. & Ojeda, S. (2010). Household Solid Waste Characteristics and Management in Rural Communities. *The Open Waste Management Journal*, 3, pp. 167-173. https://www.researchgate.net/profile/Sara-Ojeda-Benitez/publication/266473072_Household_Solid_Waste_Characteristics_and_Management_in_Rural_Communities/links/547f33860cf2c1e3d2dc4167/Household-Solid-Waste-Characteristics-and-Management-in-Rural-Communitie

Wang, P. (2018). Analysis of the Efficiency of Public Environmental Expenditure Based on Data Envelopment Analysis (DEA)-Tobit Model: Evidence from Central China. *Nature Environment and Pollution Technology*, 17(1), pp. 43-48. [https://neptjournal.com/upload-images/NL-63-8-\(6\)-G-131.pdf](https://neptjournal.com/upload-images/NL-63-8-(6)-G-131.pdf)

Wang, W. & Chen, T. (2020). Efficiency Evaluation and Influencing Factor Analysis of China's Public Cultural Services Based on a Super-Efficiency Slacks-Based Measure Model. *Sustainability*, 12(8). doi:10.3390/su12083146

Wilson, D.; Rodic, L.; Scheinberg, A.; Velis, C. & Alabaster, G. (2012). Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management & Research*, 30(3), pp. 237-254. <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/0734242X12437569>

Yáñez, J.; Tenorio, L. & Plata, L. (2021). ¿Las condiciones socioeconómicas tienen efectos en el desempeño económico? El caso de la región del altiplano de San Luis Potosí en México. *Contaduría y Administración*, 66(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422021000200006

Financiamiento

Los autores declaran que la presente investigación no recibió financiamiento de ninguna entidad pública o privada.

Agradecimientos

Nuestro más profundo agradecimiento a Dios por su infinita misericordia y por acompañarnos en cada etapa de este proceso de investigación. Su guía nos brindó la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para superar los desafíos y culminar este proyecto.

Declaración de uso de herramientas de IA

Los autores utilizaron herramientas de inteligencia artificial únicamente para la revisión de estilo, redacción y corrección gramatical del manuscrito. Estas herramientas no fueron utilizadas para generar el contenido científico, el análisis de los datos, la interpretación de los resultados ni la búsqueda de fuentes bibliográficas. Los autores revisaron y validaron íntegramente el contenido final y asumen la plena responsabilidad por la información presentada.

Declaración de posibles conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

Rol de cada autor en la investigación según la clasificación (CRediT)

- **Sergio Urbay:** Conceptualización, metodología, análisis formal, curación de datos, software, escritura: borrador original, redacción: revisión y edición, visualización.
- **Pamela Humareda:** Revisión y edición, visualización, recursos.

Sergio Urbay

Dr. en Gestión de Empresas por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. MSc. en Ecología y Gestión Ambiental por la Universidad Ricardo Palma. Egresado de la Maestría en Economía de los Recursos Naturales y del Ambiente por la Universidad Nacional Agraria. Ingeniero Ambiental titulado por la Universidad Nacional Federico Villarreal. Técnico Metalurgista por el Instituto Tecnológico Público José Pardo. Se ha desempeñado como docente universitario y coordinador académico, ha brindado asesoría técnica ambiental a entidades del Estado. Especialista ambiental en los sectores minero e industrial.

Correo: sergiourbay1@gmail.com

Pamela Humareda

Contadora Pública titulada por la Universidad Particular Alas Peruanas. Magíster en Comportamiento Organizacional por la Universidad Ricardo Palma. Profesional especializada en gestión del talento y desarrollo organizacional, con experiencia en liderazgo de Recursos Humanos.

Correo: phumareda@gmail.com

Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente.

N° 18 julio – diciembre 2026. E-ISSN: 2709 – 3689

Cómo citar: Urbay, S., & Humareda, P. (2026). Influencia de los factores socioeconómicos en la eficiencia técnica de la recolección de residuos, Lima, Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (18), A001. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202602.A001>

