ATMIRE

Title	Análisis del desempeño municipal y evaluación prospectiva de la adopción de estándares de certificación ambiental en la gestión de residuos sólidos municipales de Lima Metropolitana
Item Type	http://purl.org/coar/resource_type/c_7a1f
Authors	Gonzales Baldeon, Shirley Alexandra;Leyva Sifuentes, Sebastian Mijail
Publisher	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Rights	http://purl.org/coar/access_right/c_abf2
Download date	2026-11-28 05:36:26
Item License	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Link to Item	https://hdl.handle.net/10757/692162

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO MUNICIPAL Y EVALUACIÓN PROSPECTIVA DE LA ADOPCIÓN DE ESTÁNDARES DE CERTIFICACIÓN AMBIENTAL EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DE LIMA METROPOLITANA

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero de Gestión Ambiental

AUTOR(ES)

Gonzales Baldeon, Shirley Alexandra 0009-0007-6491-7482
Leyva Sifuentes, Sebastian Mijail 0009-0002-3462-6645

ASESOR(ES)

Lama Bustinza, José Carlos 0000-0003-2523-9432

Lima, 14 de septiembre de 2026

DEDICATORIA

A mi Dios, quien siempre me ha guiado desde que soy pequeña y nunca me ha abandonado. A mis padres "Nilda y Leonardo" que siempre han confiado en mí y me han amado y cuidado más que a nadie y han sido mi mayor motivación para superarme. A mi hermana "Sharol" y mis dos hermanitos "Leonard y Liam", quienes me apoyan y me cuidan como si todavía fuera pequeña y finalmente a mi "Smith" que siempre me ha alentado a ser mejor, a superarme y a brillar, a no olvidarme quién soy y que no hay límite para mí. Los amo con todo mi corazón, gracias, por tanto.

- *Shirley Alexandra Gonzales Baldeon*

A mis padres, Mijail y Gladys, quienes han sido un motor de superación y mi soporte emocional. A mi familia en general. A mi mejor amigo "Rivas" quien ha estado en cada logro y tropiezo en mi vida. A mi perrita Sasha que me ha acompañado en todas las amanecidas de mi etapa universitaria. A mi querido amigo Carlos Yépez quien me impulsó a avanzar con mi titulación y ha sido un mentor en mi aún corta etapa profesional y a mi amado padrino Carlos Vento, un segundo padre quien fue un ejemplo de persona y gran profesional, estoy seguro de que desde el cielo me sigue cuidando.

- *Sebastian Mijail Leyva Sifuentes*

AGRADECIMIENTOS

Agradecidos con la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por formarnos como profesionales competentes que hoy en día son capaces de afrontar las situaciones complicadas que se presentan en nuestra etapa profesional. A las expertas Lutgarda y Tatiana quienes se tomaron el tiempo de brindarnos su opinión y recomendaciones para mejorar el diseño de esta investigación. A todos los profesores que a lo largo de nuestra formación contribuyeron para ampliar nuestra visión profesional y a nuestro querido asesor Jose Carlos Lama, quien nos acompañó desde Tesis I hasta el presente, gracias a su mentoría pudimos pulir y explotar todo el potencial del presente proyecto.

Resumen

El desempeño de los sistemas de gestión de residuos sólidos (RR. SS..) municipales representa una problemática con impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública. Este estudio analiza, de manera prospectiva, la adopción de estándares de certificación ambiental para mejorar dicha gestión en Lima Metropolitana. Para ello, se categorizó a las municipalidades según su nivel de desempeño en la gestión de RR. SS.. y se evaluó la relación entre este nivel y el cumplimiento de los requisitos de certificaciones ambientales (ISO 14001 e ISO 59004 "Economía Circular"). Asimismo, se aplicó un análisis prospectivo con tres escenarios (positivo, moderado y *business as usual*) para estimar los impactos ambientales y socioeconómicos. Como resultado, se clasificaron 43 municipalidades de mayor a menor desempeño: 5 en el estrato A, 16 en el B y 22 en el C. Se evidenció, además, una relación directa entre el cumplimiento de los requisitos ambientales y el nivel de desempeño en la gestión. Los escenarios proyectados mostraron una reducción en el consumo de combustible, la generación de residuos y la disposición final en rellenos sanitarios, junto con un aumento en la valorización de residuos orgánicos e inorgánicos. Estos cambios generaron impactos positivos, reflejando una viabilidad económica con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 16%, además de una disminución significativa en la huella de carbono y el consumo hídrico. En conclusión, el estudio aporta fundamentos para mejorar la gestión de residuos municipales y evidencia impactos positivos; si bien se presentaron limitaciones en el acceso a la información, se espera que estos hallazgos promuevan futuras investigaciones con un enfoque integral para lograr beneficios tangibles en la sociedad peruana.

Palabras claves: gestión; RR. SS.; ISO 14001; ISO 59004; certificación ambiental; nivel de desempeño; impactos ambientales.

ANALYSIS OF MUNICIPAL PERFORMANCE AND PROSPECTIVE EVALUATION OF THE ADOPTION OF ENVIRONMENTAL CERTIFICATION STANDARDS IN THE MANAGEMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN METROPOLITAN LIMA

Abstract

The performance of municipal solid waste management systems presents a problem with negative impacts on the environment and public health. This study prospectively analyzes the adoption of environmental certification standards to improve solid waste management in Metropolitan Lima. To this end, municipalities were categorized according to their level of performance in solid waste management, and the relationship between this level and compliance with environmental certification requirements (ISO 14001 and ISO 59004 "Circular Economy") was evaluated. A prospective analysis with three scenarios (positive, moderate, and business as usual) was also applied to estimate the environmental and socioeconomic impacts. As a result, 43 municipalities were classified from highest to lowest performance: 5 in stratum A, 16 in stratum B, and 22 in stratum C. A direct relationship was also found between compliance with environmental requirements and the level of performance in solid waste management. The projected scenarios showed a reduction in fuel consumption, waste generation, and landfill disposal, along with an increase in the recovery of organic and inorganic waste. These changes generated positive impacts, reflecting economic viability with an Internal Rate of Return (IRR) of 16%, in addition to a significant decrease in the carbon footprint and water consumption. In conclusion, the study provides a foundation for improving municipal waste management and demonstrates positive impacts. While limitations in access to information were encountered, it is hoped that these findings will promote future research with a comprehensive approach to achieve tangible benefits for Peruvian society.

Keywords : Management ; Solid waste; ISO 14001; environmental certification ; performance level; environmental impacts.

n°27351_Gonzales Baldeon Shirley Alexandra_ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO MUNICIPAL Y EVALUACIÓN PROSPECTIVA DE LA ADOPCIÓN DE ESTÁNDARES DE CERTIFICACIÓN AMBIENTAL EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	8%	5%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	IZQUIERDO MAS RUDY LUZ. "PAP de Tanque de Combustibles Líquidos y una Isla con sus Accesorios-IGA0020738", R.D. N° 245-2022-MINEM/DGAAH, 2022 Publicación	1%
6	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	www.knightpiesold.com Fuente de Internet	<1%
10	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1%
11	archive.org Fuente de Internet	<1%
12	TECNOLOGIAS Y CONSULTORIAS ECOLOGICAS S.A.C.. "Plan de Abandono de la Estación de Servicios Villa Letizia de la Empresa Los Portales Departamentos-IGA0018587", R.D. N° 135-2022-MINEM/DGAAH, 2022 Publicación	<1%
13	biblioteca.spda.org.pe Fuente de Internet	<1%

Tabla de contenidos

1 Planteamiento del problema 1

1.1 Descripción del problema 1

1.4 Objetivos de la investigación 12

1.4.1 Objetivo general 12

2 Marco Teórico 13

2.1 Investigaciones relacionadas que sustentan el estudio 13

2.3 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis y variables 31

2.4 Hipótesis 32

2.5 Variables 32

3 Metodología 34

3.1 Enfoque alcance, tipo, método y diseño de la investigación 34

3.2 Población y muestra 37

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 39

4 Resultados 60

5 Discusión 85

6 Referencias 99

7 Anexos 113

Lista de Tablas

Tabla 1. Generación de RR. SS. Lima Metropolitana 6
Tabla 2. Beneficios legales y productivos de la ISO 14001 23
Tabla 3. Beneficios financieros y empresariales de la ISO 14001 23
Tabla 4. Beneficios comerciales de la ISO 14001 24
Tabla 5. Beneficios de la economía circular 25
Tabla 6. Tabla de intervalos 41
Tabla 7. Tabla de datos de cobertura con puntajes 41
Tabla 8. Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias..... 42
Tabla 9. Valoración de los escenarios identificados 43
Tabla 10. Adaptación de la estimación del riesgo..... 45
Tabla 11. Valores porcentuales asignados a los puntajes de riesgo..... 45
Tabla 12. Indicadores para la asignación de pesos a los requisitos 47
Tabla 13. Requisitos con pesos asignados 48
Tabla 14. Tabla de datos generales para los cálculos de los indicadores compuestos... 50
Tabla 15. Tabla de datos de generación de RR. SS. por día en toneladas 51
Tabla 16. Costos de implementar certificaciones ambientales (ISO) 58
Tabla 17. Porcentajes de nivel de riesgo 63
Tabla 18. Tabla de intervalos en base a los puntajes finales 63
Tabla 19. Clasificación de los distritos por nivel en el desempeño en la gestión de RR. SS. 64
Tabla 20. Desempeño promedio por estrato..... 66
Tabla 21. Tabla de porcentajes de cumplimiento de los requisitos por estrato 70
Tabla 22. Cuadro comparativo de impactos ambientales por estudio..... 88

Lista de Figuras

Figura 1. Población mundial actual y su proyección al año 2100 2
Figura 2. Los Álamos, San Juan de Miraflores 5
Figura 3. Bahía de Pucusana 6
Figura 4. Densidad de viviendas por distrito 11
Figura 5. Modelo conceptual integrador 31
Figura 6. Estimación del riesgo ambiental 43
Figura 7. Matriz de clasificación del riesgo en cada indicador 45
Figura 8. Flujograma del proceso 56
Figura 9. Nivel de desempeño en la cobertura de RR. SS. dispuestos adecuadamente en infraestructura de disposición final 60
Figura 10. Nivel de desempeño en RR. SS. inorgánicos valorizados del total valorizable 61
Figura 11. Nivel de desempeño en RR. SS. orgánicos valorizables del total valorizable 61
Figura 12. Nivel de desempeño en cobertura de los arbitrios en limpieza pública per cápita en base al presupuesto para la GIRS per cápita 62
Figura 13. Nivel de desempeño en presupuesto para la GIRS per cápita 62
Figura 14. Nivel de desempeño en la gestión de RR. SS. 64
Figura 15. Clasificación de municipios por estratos del desempeño de la gestión de RR. SS. .. 65
Figura 16. Prueba de normalidad para X 67
Figura 17. Gráfica de normalidad para Y 67
Figura 18. Gráfica de Prueba de igualdad de varianzas 68
Figura 19. Prueba de linealidad 69
Figura 20. Prueba de hipótesis de Spearman 69
Figura 21. Cumplimiento de los requisitos de certificación ambiental por municipio 70
Figura 22. Generación de Residuos sólidos municipales (kg/año) por vivienda (escenario positivo) 72
Figura 23. Generación de Residuos sólidos municipales (kg/año) por vivienda (escenario moderado) 73
Figura 24. Generación de Residuos sólidos municipales (kg/año) por vivienda (escenario BAU) 74
Figura 25. Tabla de análisis de impacto de los RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda 75
Figura 26. Gráfico de CO2 equivalente emitido por el tratamiento de RSM en relleno sanitario al año cinco por escenario 76
Figura 27. Gráfico de DCB equivalente emitido por el tratamiento de RSM en relleno sanitario al año cinco por escenario 77
Figura 28. Gráfico de m3 de agua utilizados por el tratamiento de RSM en relleno sanitario al año cinco por escenario 78
Figura 29. Tabla de análisis de impacto de los galones consumidos por camión colector (gal/año) por vivienda 78
Figura 30. Gráfico de CO2 equivalente emitidos por el uso de combustible del camión colector al año cinco por escenario 79
Figura 31. Gráfico de m3 de agua consumidos por el uso de combustible del camión colector al año cinco por escenario 80
Figura 32. Gráfico de DCB equivalente emitido por el uso de combustible del camión colector al año cinco por escenario 81
Figura 33. Flujo general del total de costos evitados anualmente en un periodo de 5 años 82

Figura 34. Flujo financiero 83
Figura 35. Flujo financiero análisis de sensibilidad..... 83

1 Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

El desempeño de los sistemas de gestión de residuos sólidos (RR. SS.) constituye uno de los desafíos más completos a nivel global, y conforme evoluciona la sociedad, la gestión de RR. SS. se presenta más debilitada, pues el bajo desempeño que se tiene actualmente es una problemática que afecta a cualquier persona en cualquier parte del mundo. En 2022, se generaron a nivel mundial 2,56 billones de toneladas de RR. SS. al año, lo cual era una cifra de crecimiento pronosticada para el año 2030 o posterior; la tendencia indica que se espera un crecimiento de 3.86 billones de toneladas de RR. SS. al año para el 2050, es decir, un aumento del 50% con respecto al 2022. Dentro de ello, el sur de Asia y parte de África se proyectan como las regiones más afectadas debido al crecimiento poblacional acelerado, urbanización y desarrollo económico (Cook et al., 2026).

La generación de RR. SS. a nivel mundial, en términos de peso, no se distribuye uniformemente entre las distintas regiones geográficas. La región de Asia Oriental y el Pacífico concentra la mayor proporción de la población mundial, aproximadamente un 30 %, y genera una cantidad equivalente de residuos a nivel mundial, un 33 % (849 millones de toneladas, según estimaciones para 2022). La región de Oriente Medio y Norte de África alberga aproximadamente el 6 % de la población mundial y genera la menor cantidad de residuos, con un 6 % del total mundial (161 millones de toneladas). América del Norte, por su parte, tiene la menor proporción de la población mundial (un 5 %), pero genera casi el 12 % de los residuos globales (Cook et al., 2026).

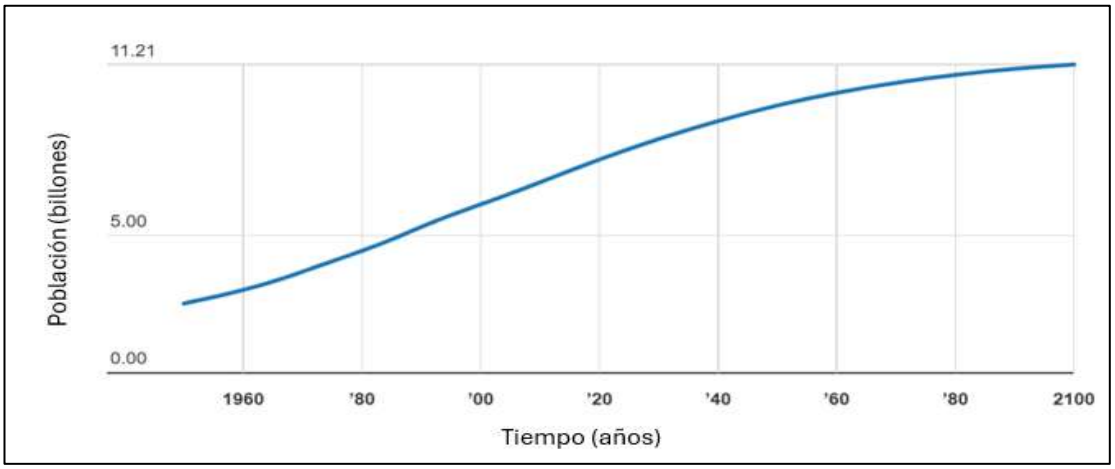
En cuanto a la generación de residuos sólidos municipales (RSM), la región con mayor generación en millones de toneladas al año es el Este de Asia y Pacífico (849 tn), seguido de Europa y Asia central (415 tn), Sur de Asia (346 tn), Norteamérica (311 tn), Latinoamérica y El Caribe (249 tn), Sub Saharan en África (231 tn) y medio oriente con norte de África (161). En cuanto a Latinoamérica y El Caribe, representan el 10% de la generación total de RSM a nivel mundial (Cook et al., 2026).

Durante un evento organizado por las Naciones Unidas (ONU) desarrollado en Brasil en el año 2017, se pronosticó que para el año 2100 la población mundial alcanzará un aproximado de 11,2 billones de personas con lo que se producirá un aumento de la

generación de residuos sólido a nivel mundial, esta teoría se apoya en el enfoque global del consumismo en el que se vive actualmente (Llanos Albán & Ramirez Sucso, 2020).

Figura 1

Población mundial actual y su proyección al año 2100



Nota. La figura presenta un gráfico de tendencia que ilustra las estimaciones de crecimiento poblacional proyectadas para el año 2100. De "La población mundial en el futuro en cuatro gráficos", por K. Tariq y K. Haruna, 2015 (https://blogs.worldbank.org/es/opendata/la-poblacion-mundial-en-el-futuro-en-cuatro-graficos).

Esta situación tiene repercusiones a nivel mundial, como la contaminación de océanos, pues solo los residuos plásticos en el océano forman parte del 90% de los detritos marinos; también, contribuye a la proliferación de enfermedades, problemas pulmonares y respiratorios debido a la quema de residuos a cielo abierto, así como daños a la fauna, lo cual genera pérdidas económicas, como la disminución del turismo (Cook et al., 2026).

Asimismo, de acuerdo con el Ministerio del Ambiente. (MINAM, 2018a) son repercusiones de una gestión ineficiente de RR. SS. la degradación de los suelos, la cual se manifiesta a través de fenómenos como la erosión, salinización, compactación del suelo y pérdida de materia orgánica y la contaminación atmosférica debido a la emisión de gases (metano y dióxido de carbono) que incrementan el efecto invernadero en el planeta incrementando la temperatura y generando deshielos en los polos.

En América Latina y el Caribe (ALC), la situación en materia de gestión de RSM refleja importantes desafíos. Se estima que alrededor del 55% de la población cuenta con servicio de recolección y disposición en rellenos sanitarios, lo que deja a más del 40% sin cobertura adecuada. A esta limitación se suma la marcada disparidad en los costos del servicio entre

países de la región —por ejemplo, Argentina con aproximadamente $56 frente a Paraguay con apenas $7—, lo que evidencia desigualdades estructurales. Asimismo, solo el 2% de RSM son reciclados de manera formal, lo que pone de manifiesto deficiencias en la gestión municipal. De hecho, únicamente el 19,8% de los municipios en ALC cuentan con planes de gestión adaptados a su contexto sectorial lo que resalta la necesidad de fortalecer capacidades institucionales y promover políticas más integrales y sostenibles (Cook et al., 2026).

En el Perú, la acumulación de RR. SS. en las diferentes provincias deja en evidencia el nivel de desempeño en la calidad de los sistemas de gestión de RR. SS.. Asimismo, se identificaron 92 distritos a nivel nacional que necesitan implementar medidas urgentes para mejorar la calidad de la gestión de RR. SS. y los servicios de limpieza pública (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018b).

Los efectos del bajo nivel del desempeño son evidentes, ya que la generación de los RR. SS. ha incrementado a lo largo de los años, y la disposición inadecuada de estos residuos ha provocado una notable contaminación visual (Collantes Flores et al., 2019). Esta situación se refleja en diferentes áreas del país, como el botadero El Reque en Chiclayo, que, a pesar de estar clausurado, sigue degradando las zonas aledañas e inclusive genera humos que dificultan la visibilidad (Defensoría del Pueblo, 2022b), o el caso de Trujillo, donde más de mil toneladas de RR. SS. se han acumulado en las calles, generando focos infecciosos de enfermedades (Díaz, 2022).

No obstante, es la ciudad de Lima la que presenta la mayor cantidad de casos de contaminación por RR. SS. de tal manera que la acumulación de basura y la limpieza pública se han convertido en el segundo problema de mayor urgencia que atender en la capital (Lima Cómo Vamos, 2023). Dentro de este contexto, Lima Metropolitana tiene un mayor impacto, debido a la densidad poblacional y la cantidad de actividades antropogénicas (MINAM, 2018a).

Desde la perspectiva económica, los pagos de arbitrios por servicios de limpieza pública constituyen un indicador del estado de la gestión de RR. SS. en los gobiernos locales. En el caso de Lima reporta que un análisis de la Cámara de Comercio de Lima (CCL) evidenció un incremento en los costos de arbitrios para el año 2024 respecto al 2023, con variaciones que oscilan entre el 2,52% y el 30% en todos los distritos de la capital

(Arias Schereiber, 2024). Además, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2024) menciona que la falta de acción en la gestión de RR. SS. a nivel mundial genera costos elevados en la salud humana, el medio ambiente y la economía, proyectándose que para el 2050, dichos costos superarían los 600 000 millones de dólares anuales.

De acuerdo con los informes más recientes sobre la gestión de RR. SS. del MINAM, en Lima metropolitana se han generado más de ocho mil toneladas de RSM al día, de los cuáles el 60% son lanzados en las vías públicas y otros lugares informales, evidenciando la falta de cobertura adecuada en la gestión de los desechos generados en este ámbito, por lo cual es crucial que sea de conocimiento público cómo se desarrollan las gestiones municipales y cómo estas impactan en el medio ambiente (Pérez, 2021).

Casos como el de la avenida Los Álamos, en el distrito de San Juan de Miraflores, evidencian de manera concreta los impactos derivados de una gestión inadecuada de RR. SS. sobre el ambiente y la salud pública. La acumulación de desechos en estas zonas genera contaminación visual y atmosférica, además de propiciar condiciones insalubres que afectan directamente a los residentes. Entre los principales riesgos se incluyen la proliferación de vectores y microorganismos patógenos, el deterioro de la calidad del aire y la afectación del paisaje urbano, lo que incrementa la vulnerabilidad sanitaria y ambiental de la población expuesta (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA], 2021).

Figura 2
Los Álamos, San Juan de Miraflores



Nota. La avenida Los Álamos, en San Juan de Miraflores, es una vía con permanente acumulación de basura sin control. De "[Street View Avenida Los Álamos]", por Google, s. f. (https://earth.app.goo.gl/?apn=com.google.earth&isi=293622097&ius=googleearth&link=https%3a%2f%2fearth.google.com%2fweb%2fsearch%2fAvenida%2blos%2b%25c3%2581lamos,%2bSan%2bJuan%2bde%2bMiraflores%2f%40-12.16344941,-76.98175208,73.65167999a,0d,60y,327.66706584h,78.44530465t,0r%2fdata%3dCpoBGmwSZgolMHg5MTA1Yjg0OGE3YTUxMDI5OjB4N2Y5ODU5MjgyY2IxMGMxYRmxpNx9jlMowCEng6Pk1T5TwCorQXZlbmlkYSBsb3Mgw4FsYW1vcywgU2FuIEp1YW4gZGUgTWlyYWZsb3JlcxgBIAEiJgokCXLcViII1DJAEXHcViII1DLAGUWPSGCQmEhAIWZAIeUWJ0nAQgIIASIaChZicWJYaHZTWGNtV29BcnF6SDZKMWFREAI6AwoBMEICCABKDQj_____8BEAA).

El caso de "La Bahía" en Pucusana constituye un ejemplo representativo de los impactos negativos derivados de una gestión ineficiente de RR. SS.. En esta zona, la inadecuada disposición de desechos ha generado afectaciones directas sobre los cuerpos de agua, comprometiendo su calidad fisicoquímica y biológica, además de deteriorar el paisaje circundante. Estas condiciones no solo incrementan la presión ambiental sobre los ecosistemas acuáticos, sino que también reducen el valor paisajístico y turístico del área, evidenciando la necesidad de implementar sistemas de gestión integral que prioricen la prevención de la contaminación y la recuperación ambiental (SPDA, 2021).

Figura 3
Bahía de Pucusana



Nota. Las aguas de la Bahía de Pucusana se encuentran turbias y oscurecidas causadas debido a los residuos flotantes y la contaminación de sus aguas. De "*Informe técnico-legal sobre la problemática ambiental de la bahía de Pucusana*", por Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2021 (https://www.actualidadambiental.pe/informe-tecnico-legal-problematica-ambiental-de-la-bahia-de-pucusana/).

El distrito del Rímac presenta acumulación de RR. SS. a lo largo de la avenida Flor de Amancaes. Entre los desechos encontrados se incluyen vehículos quemados, neumáticos fuera de uso, también conocidos NFU, ladrillos dentro de costales y residuos domésticos en general, entre otros (Defensoría del Pueblo, 2022a). La presencia de NFU en rellenos o botaderos evidencia deficiencias en la gestión de RR. SS. y se encuentra fuera de los lineamientos de la Unión Europea (DW Documental, 2023).

En Lima Metropolitana, la cantidad de toneladas de RR. SS. generados por las actividades antrópicas desarrolladas no debe pasar desapercibida, ya que representa una oportunidad significativa para la mejora en la gestión de desechos (Preciado Jeronimo & Lara Medina, 2022). La tabla 1 presenta la cantidad de RSM generados en Lima Metropolitana durante el periodo 2023-2024, con la generación anual y diaria (Preciado Jeronimo & Lara Medina, 2022).

Tabla 1
Generación de RR. SS. Lima Metropolitana

Año	2023	2024
Generación diaria (Tn)	9 671	10 126.05
Generación anual (Tn)	3 529 915.45	3 696 007.73

Nota. La tabla presenta datos sobre la generación de RR. SS. en Lima Metropolitana durante los años 2023 y 2024, evidenciando un incremento en la cantidad de residuos generados. Adaptado de "Informes dinámicos 2023-2024 SIGERSOL", por MINAM, s.f. https://site2.minam.gob.pe/informes-din%C3%A1micos

En Lima anualmente muestra una valorización un total de 24 775 toneladas de residuos orgánicos (equivalentes al 0,67% del total de RR. SS. orgánicos valorizables) y 52 861,89 toneladas de residuos inorgánicos (lo que representa el 4,76% del total de RR. SS. inorgánicos valorizables). Este dato indica que, en promedio, solo el 1,89% de los RR. SS. generados en Lima con potencial de valorización son aprovechados. Además, de los 43 distritos de Lima metropolitana, solo 35 cuentan con un plan de manejo de RR. SS. actualizado a la fecha de la presente investigación (MINAM, s.f.).

En Lima Metropolitana, esta problemática se manifiesta de manera heterogénea entre los distintos sectores, donde se evidencian diferencias significativas en los sistemas distritales de gestión de RR. SS.. Estas brechas repercuten directamente en la salud pública, el bienestar social y la calidad ambiental. El bienestar social, entendido como la capacidad de las personas de percibir y alcanzar una adecuada calidad de vida (Bautista Pino, 2020), se ve comprometido por la deficiente gestión de residuos. En este contexto, se advierte que la acumulación de residuos en la vía pública - denominada "puntos críticos" - genera múltiples riesgos, entre ellos la proliferación de vectores como roedores, cucarachas y moscas, los cuales actúan como portadores y transmisores de diversas enfermedades, incrementando la vulnerabilidad sanitaria de la población (Ministerio de Salud [MINSA], 2019).

A nivel nacional, resulta complejo identificar experiencias exitosas en la gestión de RR. SS.. Sin embargo, en conversación con L. Díaz (comunicación personal, 20 de abril de 2023) especialista en GIRS con amplia trayectoria en municipalidades como Surco y Miraflores, se destacó el caso de la provincia de Arequipa como referente en buenas prácticas. Esta jurisdicción ha implementado en los últimos años un Plan Integral de Gestión de RR. SS. (PIGARS). Adicionalmente, señaló que "no existe un documento oficial que evidencie esta posible relación; sin embargo, hace un tiempo existía un sistema de gestión ambiental para las municipalidades, el cual buscaba estandarizar sus funciones. Con el paso de los años dicho sistema fue descontinuado y, en la actualidad, son pocos los municipios que lo consideran. Este bajo nivel de institucionalización podría estar vinculado

al desempeño limitado que presentan las municipalidades cuando son evaluadas bajo cualquier conjunto de requisitos o normas".

La certificación ambiental municipal fue propuesta por la Municipalidad Metropolitana de Lima mediante una ordenanza y desarrollada por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) entre 2008 y 2009 (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2013). Esta certificación estuvo basada en la ISO 14001 y la ISO 59004 (Economía Circular). Esta contenía tres niveles de certificación GALS según el nivel de cumplimiento de indicadores ambientales (Food and Agriculture Organization, [FAO], 2008). Los principales aspectos por evaluar fueron:

- Manejo de RR. SS.

- Educación ambiental

- Fiscalización y control ambiental

- Participación comunitaria

- Implementación de instrumentos de gestión ambiental

1.2 Importancia y justificación del estudio

A partir de lo expuesto, surge la necesidad de identificar los vacíos existentes en la gestión de RR. SS. y de plantear estrategias que permitan al Perú dar un salto cualitativo en este ámbito. Este avance resulta esencial para minimizar los impactos ambientales y sanitarios negativos, al tiempo que se potencian los beneficios sociales y económicos asociados. Una alternativa consiste en realizar un análisis comparativo con modelos de gestión exitosos implementados en otros países de Sudamérica, con el fin de extraer aprendizajes y adaptar sus estrategias. No obstante, las diferencias en los contextos socioeconómicos, institucionales y normativos de cada nación evidencian la importancia de desarrollar un enfoque propio, que permita diseñar metodologías ajustadas a la realidad nacional y fortalecer las capacidades locales para una gestión integral, sostenible y eficiente de los RR. SS.

Como alternativa para contribuir a la solución de esta problemática, se propone realizar un análisis vinculado a las certificaciones ambientales a nivel municipal, tomando como referencia la norma ISO 14001 “Sistemas de gestión ambiental” y la norma ISO 59004 “Economía Circular” (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2026).. Ambas cuentan con amplio reconocimiento internacional y establecen los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema de gestión ambiental para garantizar su sostenibilidad en el tiempo, promoviendo además la mejora continua.

La ISO 14001 proporciona un marco estructurado que, aplicado a la gestión de RR. SS., facilita la identificación sistemática de aspectos e impactos ambientales asociados. A partir de esta evaluación, es posible analizar los procesos existentes y, sobre esa base, implementar herramientas de gestión orientadas a abordar la problemática desde una perspectiva integral. Este enfoque, sustentado en una línea base claramente definida permitiría fortalecer la planificación, el control operativo y la mejora continua en la gestión de RR. SS. municipales (ISO, 2026).

La certificación en estrategia de economía circular, la cual es brindada por AENOR, busca implementar medidas y políticas de economía circular en los procesos que se realizan en una empresa u organización. Se encuentra relacionada e integrada con otras normas ISO, lo cual le brinda prestigio y una mayor contundencia al momento de certificar (Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR], s.f.). Otra alternativa es la

certificación Zero Waste, la cual busca reducir el impacto ambiental y la huella de carbono. Además, otorgaría un mayor grado de confianza a los grupos de interés debido a las directrices de responsabilidad corporativa. De este modo se utilizaría como una herramienta de apoyo y complemento para las normas ISO 14001 y la ISO 59004 (Economía Circular). Con esto se seguiría un principio de la ingeniería ambiental, el cual es el uso de una visión holística e integrada frente a la resolución de problemas (Grupo Empresarial EBC, s.f.).

Es importante precisar que el presente estudio no propone la implementación obligatoria de certificaciones ISO en municipalidades de Lima Metropolitana. Tanto ISO 14001 como ISO 59004 son estándares de certificación voluntaria que no fueron diseñados como sistemas de cumplimiento normativo obligatorio para gobiernos locales (ISO, 2026). La Ley N° 27314, Ley General de RR. SS., establece obligaciones específicas para las municipalidades, pero no exige la certificación bajo estándares ISO (Decreto Legislativo 1278, 2016). Por tanto, esta investigación emplea dichos estándares como marcos de referencia técnica para evaluar prospectivamente mejoras en la gestión municipal de RR. SS., independientemente de si se persigue o no la certificación formal (Decreto Legislativo 1278, 2016). Los requisitos de estas normas se utilizan como benchmarks internacionales que pueden orientar la mejora de prácticas municipales y el diseño de políticas públicas, sin que ello implique necesariamente comprometerse con procesos formales de certificación. Los aportes específicos de esta investigación son:

- Establecer una línea base de desempeño municipal mediante la estratificación técnica del desempeño en gestión de RR. SS. de las 43 municipalidades de Lima Metropolitana, permitiendo identificar brechas específicas y priorizar intervenciones según capacidades organizacionales reales de cada municipalidad.
- Emplear estándares internacionales como benchmarks que pueden orientar la mejora de prácticas municipales sin requerir certificación formal
- Cuantificar prospectivamente beneficios ambientales y socioeconómicos mediante análisis de escenarios, proporcionando evidencia técnica para la evaluación de políticas ambientales municipales, metodología poco explorada en el contexto peruano y replicable en otras regiones.
- Finalmente, el estudio reconoce que su enfoque es técnico-ambiental, y que la viabilidad real de implementación requiere complementarse con investigaciones

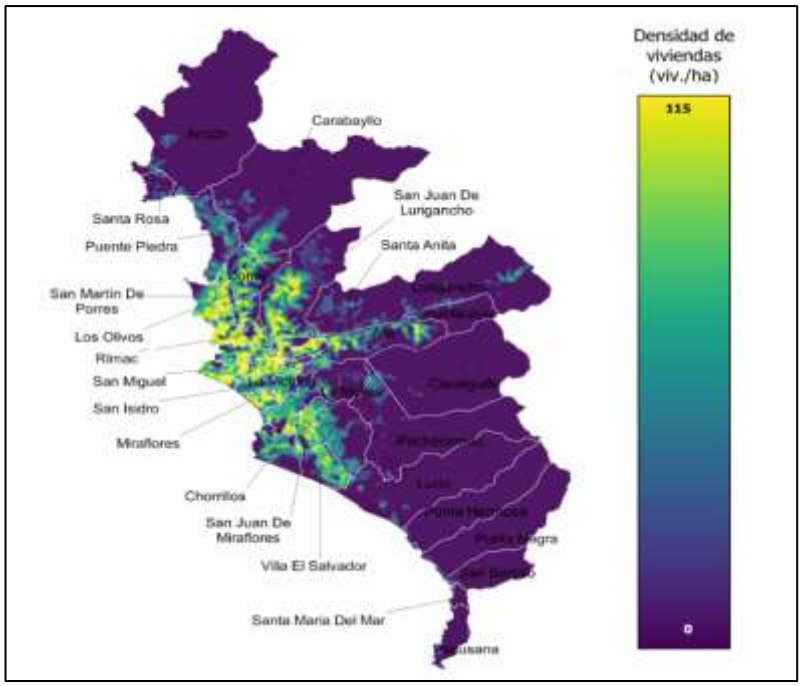
sobre aspectos político-institucionales, presupuestales y de gobernanza que exceden el alcance de este trabajo.

Estas limitaciones son reconocidas explícitamente y constituyen líneas prioritarias para futuras investigaciones complementarias desde enfoques de ciencia política, administración pública y economía institucional.

1.3 Delimitación del estudio

Como se mencionó previamente, el ámbito específico para desarrollar la presente tesis corresponde a la provincia de Lima, en particular a Lima Metropolitana. Según la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM, 2021), la provincia de Lima está compuesta por un total de 43 distritos, con una extensión territorial aproximada de 2638 km2. Siendo los distritos más alejados Ancón al norte, Pucusana al Sur y Lurigancho-Chosica al Este. Además, la mayor densidad de viviendas en Lima se encuentra en los distritos de la zona centro y su periferia, que incluyen las zonas norte, sur y este (figura 4).

Figura 4
Densidad de viviendas por distrito



Nota. Mapa de densidad de viviendas por distrito en Lima Metropolitana, la zona amarilla representa la mayor densidad mientras que la morada indica menor densidad. De "Lima Metropolitana: información territorial", por PCM, 2021 (https://www.gob.pe/institucion/pcm/campa%C3%B1as/4355-lima-metropolitana-informacion-territorial).

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar prospectivamente la adopción de estándares de certificación ambiental para la mejora del desempeño de los sistemas de gestión de residuos sólidos municipales en Lima Metropolitana

1.4.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1: Determinar el nivel del desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

Objetivo específico 2: Determinar la relación entre el nivel de desempeño de la gestión de residuos sólidos municipales y el cumplimiento municipal de requisitos de estándares de certificación ambiental.

Objetivo específico 3: Analizar, mediante la evaluación de tres escenarios prospectivos, la magnitud de los impactos ambientales y socioeconómicos proyectados ante la implementación de estándares de certificación en el desempeño de la gestión de residuos sólidos de las municipalidades de Lima Metropolitana.

2 Marco Teórico

2.1 Investigaciones relacionadas que sustentan el estudio

Esta sección presenta una revisión de investigaciones sobre la gestión de RR. SS. municipales. Se analizan patrones de eficiencia, impactos ambientales, riesgos y certificaciones ambientales aplicadas en el contexto municipal destacando las metodologías empleadas como soporte técnico y permitiendo identificar los avances actuales.

Dentro del contexto peruano, la investigación de Diez Torricelli (2025), tiene como objetivo evaluar el desempeño de la gestión ambiental de seis municipalidades en Lima. Esto se ejecutó determinando el grado de implementación de componentes del Sistema Local de Gestión Ambiental (SLGA) mediante un enfoque cualitativo y cuantitativo que empleo como indicadores el contexto organizacional, planificación ambiental, gestión operativa, evaluación y mejora, y participación ciudadana. Se clasificó en desempeño alto medio y bajo obteniendo como resultados a una municipalidad con desempeño alto, cuatro con desempeño medio y una con desempeño bajo. Asimismo, el liderazgo político, asignación de presupuesto y capacidad técnica-operativa son factores clave para mejorar el desempeño ambiental.

En el caso mexicano, Salazar-Rodríguez y Hernández-Diego (2018), evaluaron el desempeño en la gestión de RR. SS. utilizando como base 20 criterios agrupados en cuatro categorías: generación y gestión de residuos; organización institucional; limpieza urbana y valorización/disposición final. Los resultados evidenciaron una eficiencia media del 54%, y resaltó los principales problemas estructurales a los que se enfrentan, como la deficiente segregación en la fuente, la baja participación ciudadana en programas de reciclaje, la falta de cobertura en zonas urbanas, y la ausencia de decisiones para abordar la problemática de manera integral.

En la actualidad, la implementación de sistemas de gestión ambiental basados en la norma ISO 14001 se ha consolidado como una herramienta eficaz para optimizar el desempeño ambiental de los gobiernos locales, tanto en el Perú como en otros países de la región. En el contexto peruano, destaca el caso de la provincia de Huari, donde se aplicó la norma ISO 14001:2015 juntamente con una matriz de Revisión Ambiental Inicial (RAI) y entrevistas a funcionarios. Los resultados mostraron mejoras significativas, ya que la deficiencia del sistema bajo de un 62% a solo 16%, evidenciando el impacto positivo que tuvo la aplicación de la norma ISO 14001 en la gestión de RR. SS. (Espinoza Jaimes, 2024).

En la municipalidad de Taricá, ubicada en la provincia de Huaraz, departamento de Áncash, Toledo (2016) también aplicó la norma ISO 14001 como base metodológica y la Revisión Ambiental Inicial (RAI) como herramienta para diagnosticar la línea base. Los resultados obtenidos demostraron que la certificación ambiental no siempre implica una carga adicional en la labor de los trabajadores, sino por el contrario, impulsa su desarrollo profesional permitiéndoles adquirir nuevas habilidades y generando beneficios ambientales y económicos que refuerzan su viabilidad en contextos locales.

A nivel regional, en países sudamericanos, también se registraron experiencias relevantes, un ejemplo destacado es el estudio desarrollado en el cantón La Troncal, Ecuador por Pulupa García y Quito Sánchez (2013) quienes evaluaron el sistema ambiental de gestión municipal en función a los requisitos de la norma ISO 14 001 y encontraron un cumplimiento del 26.4%. Como propuesta de mejora, propusieron implementar la norma ISO 14 001 en su sistema, estimando que con su inclusión podrían alcanzar un 100% de cumplimiento, esta estimación fue respaldada por un análisis integral que incluyó diversas herramientas de soporte para cumplir con las expectativas y resultados planteados.

Otro caso es el chileno, país sudamericano que en la última década ha logrado mejorar su gestión ambiental municipal, incluyendo el manejo adecuado de los RR. SS. sólidos (Ministerio del Medio Ambiente [MMA], 2023). Su éxito radica en la creación de un sistema de gestión ambiental para las municipalidades donde se consideran 4 ejes fundamentales; el primero es el sistema de certificación ambiental municipal SCAM, la gestión ambiental local (GAL), comunidades sustentables y el modo para el fortalecimiento de la gobernanza ambiental local – NOGAL. Específicamente el primer eje consistió en crear un Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) destacado

como un modelo progresivo y exitoso. Este sistema se encuentra basado en las normas ISO 14001 y EMAS (Eco-Management and Audit Scheme, en sus siglas en inglés, el cuál es un sistema voluntario de la Unión Europea para mejorar el desempeño ambiental de las organizaciones). El SCAM clasifica a las municipalidades chilenas en cinco niveles de certificación con diferentes requisitos que aumentan en especificidad y complejidad conforme van subiendo de nivel. Esta certificación representa un proceso construido en base a principios de gradualismo y realismo permitiendo que las municipalidades avancen de forma escalonada para obtener grados de reconocimiento en base a los logros adquiridos (MMA, 2017).

Un ejemplo concreto es el estudio en Chile realizado por Herrera Monsalva (2017), donde se analizó el grado de cumplimiento del Sistema de Certificación Ambiental Municipal en el municipio de Quilpué, provincia de Chile. Dicho estudio examinó la efectividad de las acciones municipales y la percepción de los dirigentes comunitarios sobre la gestión ambiental local. Mediante un enfoque metodológico mixto que integro revisión documentaria, entrevistas y encuestas, el autor evidenció un cumplimiento total de los requisitos establecidos en el convenio del Ministerio del Medio Ambiente chileno.

Además de los casos exitosos, también se han identificado limitaciones y barreras en los procesos de certificación ambiental. En el estudio realizado por Chiarella Horna (2018) en la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI), se evidenció que, aunque el 76% de los administrados cumplían con los requisitos técnicos, el 59% de los trabajadores evaluados demostraron disconformidad por la dificultad del proceso de certificación y el 48% no estaba conforme con la falta de asesoramiento especializado. Este estudio, basado en un enfoque cuantitativo con cuestionarios, exámenes de conocimientos, listas de chequeo y análisis estadístico (encuestas), revela que la adopción e implementación de certificaciones ambientales no solo depende de la normativa o motivos estratégicos de la organización, sino también de la capacidad institucional para acompañar y facilitar el proceso.

La implementación de certificaciones ambientales en los sistemas de gestión ha demostrado ser no solo una herramienta técnica efectiva, sino también económicamente viable en diversos contextos. En España, Pinto Tique (2021) realizó un Análisis Costo Beneficio (ACB) para evaluar la aplicación ISO 14 001 en una organización. Los resultados fueron positivos, se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 17%, lo que

indica que los beneficios son mayores a los costos de implementación y mantenimiento, por lo tanto, si es viable económicamente. Además, se identificaron beneficios intangibles como el fortalecimiento de la conciencia ambiental de los trabajadores y su interés en continuar participando en talleres ambientales.

En Canadá, de acuerdo con Radhakrishnan et al. (2025) existe beneficio socioeconómico por restauración o reducción de impactos ambientales. En su estudio aplicaron un análisis costo beneficio (ACB) para la restauración de humedales mediante un método de energía que permite cuantificar los impactos ambientales en términos monetarios mediante la unidad SEJ (jules solares incorporados). Este análisis demostró que la aplicación de este método genera un valor neto favorable a proyectos de inversión que pueden parecer inviables con un análisis convencional, pues pasó de un VAN de -$23,5 millones a $3,7 millones en 10 años. Por otro lado, O'Mahony (2021) señala sobre la importancia de considerar periodos temporales amplios en las evaluaciones de impactos medio ambientales para proyectos de inversión, ya que las repercusiones positivas o negativas en el medio ambiente podría no manifestarse en su totalidad en evaluaciones de corto plazo, por ellos es importante considerar un tiempo de retorno adecuado.

Además, de la viabilidad económica de las certificaciones ambientales, existen diversos estudios que han explorado que factores sociales como la conciencia ambiental influyen directamente en la gestión de RR. SS.. En este contexto, el análisis correlacional es una herramienta clave que permite identificar relaciones significativas ya sea directa o inversa entre variables ambientales, permitiendo validar o rechazar hipótesis de investigación. En el estudio de investigación realizado por (Navarro Martínez, 2022), se aplicó un análisis correlacional entre las variables de la gestión de RR. SS. y la conciencia ambiental sustentada por la falta de conciencia ambiental mostrada por un distrito de la ciudad de Piura. Para desarrollar la investigación se encuesto estructuradamente a 343 personas de ambos géneros, con el objetivo de medir la percepción ciudadana respecto a los residuos y su nivel de conciencia ambiental. Los resultados evidenciaron un nivel intermedio en la percepción analizada. Asimismo, se identificó una correlación positiva de magnitud considerable y estadísticamente significativa entre las variables, con un coeficiente de correlación Spearman Rho de 0.635. Este valor refleja una relación directa: a medida que la gestión de residuos por parte de la municipalidad se fortalece, se incrementa de manera proporcional la conciencia ambiental de la población.

La gestión de RR. SS. no solo implica desafíos operativos, sino también un componente de exposición a riesgos ambientales que pueden afectar la salud, los ecosistemas y el entorno socioeconómico. Para abordar esta problemática, el MINAM (2009) desarrolló una guía metodológica de evaluación de riesgos ambientales que permite caracterizar y valorar los riesgos (alto, medio y bajo) mediante matrices que consideran tres entornos (humano, natural y socioeconómico). Estas matrices permiten identificar fuentes de peligro, realizar estimaciones probabilísticas y de gravedad de las consecuencias en los tres entornos y la valoración de la probabilidad de tal modo que se configure el riesgo que involucra cada actividad o etapa del proceso.

Aplicando esta misma metodología del MINAM, Concha Challco y Merma Vargas (2021) evaluaron los riesgos ambientales asociados a la gestión de RR. SS. en el distrito de Huayllamba, Cusco aplicando encuestas a los trabajadores de la zona para enriquecer la información. Mediante un programa estadístico desarrollaron el procesamiento de datos obtenidos y se obtuvieron resultados en base al riesgo ambiental presente dentro de los 3 entornos que evalúa la metodología mencionada (humano, natural y socioeconómico). Se obtuvo un riesgo ambiental promedio del 30.4%, clasificado como moderado. El mayor impacto se registró en el entorno natural con un 34.5%, seguido del humano con un 29.8% y el socioeconómico con un 27%, estos resultados evidencian la necesidad de implementar medidas de control y mitigación para su reducción.

En un estudio similar, Román Arraiza (2021), aplicó la combinación de metodologías para evaluar los riesgos ambientales en el Pacaipampa, Ayabaca. En este estudio combinaron la metodología de la matriz de riesgos e impactos ambientales con una primera etapa inicial en la que se examinó la situación actual de la gestión de RR. SS. mediante el nivel de cumplimiento de los lineamientos del Decreto Legislativo N° 1278. Luego se empleó la matriz de riesgos e impactos ambientales junto con la matriz de Conesa para valorar los impactos identificados. Dentro de los resultados se encontró la degradación estética como uno de los impactos con mayor valoración negativa -32., lo que permitió elaborar recomendaciones para la elaboración de un plan de mitigación. Estos estudios demuestran que identificar los riesgos ambientales es clave en la planificación, ya que permite anticipar impactos, priorizar acciones correctivas y fortalece la toma de decisiones con base técnica.

La gestión de RR. SS. también genera impactos ambientales, estos han sido evaluados utilizando diversas herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), indicadores y

matrices. En Europa, Sauve y Van Acker (2020) se aplicó un análisis de escenarios múltiples mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con el fin de evaluar la variabilidad de los impactos ambientales asociados a los vertederos sanitarios de residuos sólidos urbanos (RSU) en Europa. El estudio consideró factores específicos del emplazamiento, composición de los desechos, condiciones climáticas y prácticas de gestión de vertederos. Se definieron cuatro escenarios de referencia basados en composiciones promedio de RSU a granel representativas del contexto europeo, con valores de generación de metano de 18, 61, 90 y 138 m^3 CH_4/tonelada de residuos. Los resultados evidenciaron que las emisiones de metano y su equivalente en dióxido de carbono presentan una variabilidad significativa en función de la composición de los residuos, las condiciones climáticas y el tratamiento del gas de vertedero (GRS), con rangos entre 124 y 841 kg CO_2 eq. Adicionalmente, se identificaron efectos relevantes de ecotoxicidad humana asociados a dichas emisiones.

En Perú, Coaquira Nina y Vilca Bustincio (2022) realizaron un estudio en la provincia de Tacna utilizando la metodología de la norma ISO 14040 para aplicar el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en la gestión de RR. SS. Mediante esta metodología se buscó comprobar la existencia de impactos negativos y significativos en la gestión de RR. SS. aplicando herramientas como ArcGIS y OpenLCA, así como toda la información recogida y procesada a través de la revisión documental. Como resultados se identificaron impactos negativos significativos en las etapas de recolección, transporte y disposición final. El potencial de calentamiento global alcanzó $14{,}328xE^3 kg\ de\ CO_2\ eq$, mientras que el agotamiento de la capa de ozono alcanzó $0{,}0402\ kg\ de\ CFC-11\ eq$ lo que evidencia la necesidad de optimizar los procesos operativos para reducir la huella ambiental.

En Brasil Deus et al. (2020) desarrollaron un indicador agregado para evaluar el impacto ambiental de la gestión de RSM en las pequeñas municipalidades del estado de Sao Paulo. El estudio tuvo como objetivo crear una clasificación de las municipalidades e incluyó cinco fases: selección de municipios, recopilación de datos (entradas), uso del Modelo de Reducción de Residuos, análisis de resultados (outputs) y construcción del indicador agregado. Los resultados permitieron clasificar las prácticas de gestión según su eficiencia ambiental, considerando variables como las emisiones de CO_2 eq y el ahorro energético de energía en kilowatts ahorrado.

En Irán, Ghanbarzadeh Lak et al. (2025) aplicaron una versión ajustada del método RIAM (siglas en inglés que al español se traducen como matriz de evaluación rápida de impactos) con el objetivo de determinar los impactos ambientales asociados al relleno sanitario Nazlou, en la ciudad de Urmia. Este método permite cuantificar impactos mediante criterios definidos y operaciones algebraicas sobre valores evaluados cuantitativamente, lo que genera un sistema de puntuación adaptado a cada situación. La evaluación fue estructurada en cuatro secciones: fisicoquímica, biológica-ecológica, sociocultural y económica-operacional, incorporando además dos criterios críticos (situaciones críticas que independientemente pueden influenciar en el resultado del puntaje, y temporalidades que no pueden afectar individualmente al puntaje final o a su magnitud); y comparando dos escenarios (construcción de una nueva celda con tratamiento de lixiviados, y ampliación del primer escenario con una planta de compostaje). Los resultados mostraron que el segundo escenario generaba impactos positivos más significativos en aspectos económicos, agronómicos y de calidad del aire, lo que refuerza la importancia de incorporar tecnologías de valorización en los sistemas de disposición final de RR. SS.

El análisis prospectivo ha sido utilizado como una herramienta que permite anticipar los impactos futuros de la gestión de RR. SS., incluyendo su relación con la salud pública y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este contexto, diversos estudios han aplicado escenarios prospectivos denominados *business as usual* (BAU) para evaluar los impactos ambientales de los sistemas de gestión de RR. SS. municipales, lo que permite estimar las emisiones generadas por las prácticas actuales de manejo de residuos, como rellenos sanitarios, incineración, compostaje y digestión anaerobia, y compararlas con escenarios alternativos orientados a la reducción de emisiones y a la mejora de la sostenibilidad ambiental (Wang et al., 2025).

Se realizó un análisis prospectivo de modelamientos de contaminación atmosférica generados por la gestión de RSM para evaluar las implicancias ambientales y en la salud humana. Para ello, compararon dos escenarios modelados con la intervención de distintos sectores políticos y construidos de acuerdo con el modelo de gases de desarrollo de la gestión de residuos. Estos fueron contrastados con un escenario de referencia denominado *business as usual* (BAU), utilizando diversas herramientas, entre ellas el modelo Robust Uniform World Model y datos base de mortalidad generados por la exposición al material particulado fino $PM_{2.5}$. Los resultados mostraron que el escenario 1, basado en la

reducción del quemado de basura a cielo abierto, logró una disminución significativa de las emisiones de CO_2 equivalente al año 2030 (190,455 toneladas al año 2030) y las muertes prematuras (7 en promedio), en comparación con el escenario BAU (406,337 toneladas de CO_2 eq y 127 muertes prematuras). El escenario 2, centrado en el incremento del compostaje y reciclaje, también reflejó mejoras más conservadoras. La metodología empleada proyectada estratégicamente hasta el año 2030 permitió evidenciar como las decisiones estratégicas pueden modificar el rumbo de los impactos ambientales y sanitarios, reforzando la utilidad del análisis prospectivo como herramienta para la planificación estratégica ambiental (Kanhai et al., 2021).

2.2 Bases teóricas y científicas que sustentan el estudio

Gestión integral de RSM

La problemática del bajo nivel de desempeño en los sistemas de gestión de RSM de los distritos de Lima Metropolitana genera grandes impactos en diferentes aspectos del desarrollo social, como se evidenció en el capítulo anterior. Sin embargo, se debe comprender que RR. SS. no es lo mismo que RSM.

Los RR. SS. representan uno de los principales desafíos contemporáneos para la humanidad, especialmente en contextos urbanos, debido a su heterogeneidad y volumen. Se trata de un conjunto diverso de materiales que abarca desde fracciones de pequeña escala hasta componentes de gran tamaño. La composición y la cantidad de RS constituyen variables críticas para definir estrategias de gestión y manejo eficientes. Entre estos materiales se incluyen vidrio, metales ferrosos y no ferrosos, envases de aluminio, residuos de madera, restos de jardinería, desechos orgánicos alimentarios, papel y cartón, caucho, plásticos, textiles, cuero, así como residuos provenientes de la construcción y demolición, entre otros (Adetunji et al., 2023). Esta definición se complementa con lo mencionado por Tello Espinoza (2018), donde indica que los RR. SS. son todo producto de origen natural o antrópico que es considerado como desecho por su generador, pero puede adquirir valor con un adecuado tratamiento y/o proceso de revalorización. Dentro de esta categoría, se encuentran los RR. SS. municipales, los cuales son provenientes de origen doméstico, incluyendo actividades urbanas o comerciales que generan residuos parecidos en composición a los generados en domicilios y áreas de limpieza pública (Guevara Vilchez, 2021).

De acuerdo con la gestión integral de RR. SS. es un sistema que articula procesos de recolección, segregación, transporte, valorización material y energético, como el compostaje, reciclaje y procesamiento), así como la disposición final en infraestructuras autorizadas, todo ello orientado a lograr un manejo integral y sostenible de los residuos generados (Sanchez & Recalde, 2024).

Uno de los grandes problemas que se presenta en la gestión de los RR. SS. es la segregación en la fuente, ya que es el proceso inicial bajo el cual se desarrolla el sistema de gestión, acopio y acondicionamiento de los residuos. Este se puede entender como la acción de estratificar determinados componentes o elementos físicos de los RR. SS. para ser manejados y/o tratados en forma especial en base a sus características. Esta agrupación sólo se realiza en la fuente de generación o en instalaciones que cuenten con todas las garantías de salubridad y autorización por parte de la institución competente (Tello Espinoza, 2018).

La formación de puntos críticos, definidos como los lugares de acumulación temporal de RSM en diversos espacios públicos empeora el panorama de la gestión. Estos se caracterizan por la acumulación inadecuada de residuos, generando afectaciones al medio ambiente, tales como malos olores, focos de propagación de vectores, enfermedades, afectación de la limpieza; además de poner en riesgo la salud de las personas (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020). Esta problemática, junto con otros factores implican que la gestión de Residuos sólidos municipales debe ser abordada como un sistema integral. Asimismo, se generan riesgos ambientales que se refieren a la probabilidad de que, ya sea por acción antrópica o causas naturales, se produzcan daño al entorno (Concha Challco & Merma Vargas, 2021).

Certificaciones Ambientales y nivel de desempeño

La mejora continua en un sistema de gestión ambiental se fundamenta en el ciclo de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, el cual busca optimizar el desempeño ambiental mediante la identificación y evaluación de aspectos e impactos. En este contexto, la ISO 14001, define a los riesgos ambientales en su apartado de identificación de aspectos e impactos ambientales como la generación de incertidumbre sobre los potenciales efectos

que se pueden producir, los cuales pueden ser tanto negativos como positivos, lo que en términos de análisis se entiende como las amenazas y las oportunidades (ISO, 2026).

Con base en esta perspectiva, se propone identificar en el desempeño de la gestión ambiental municipal vista desde un enfoque sistémico. Para ello, se utilizarán distintos mecanismos de certificación ambiental, lo cual permitirá seleccionar estándares más adecuadas para impulsar un desempeño eficiente y sostenible. Las certificaciones son acreditaciones ambientales otorgadas por un organismo de evaluación que certifica determinados productos, sistemas, servicios o procesos que se están desarrollando de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente, reduciendo su impacto ambiental y alineada a la normativa ambiental respectiva, (Rueda Fernández, 2019). Un ejemplo de norma certificada es la ISO 14001, la cual es un estándar internacional que brinda los lineamientos para implementar un sistema de gestión medioambiental (SGA) desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) (British Standards Institution [BSI], s.f.).

Por su parte, existen certificaciones y modelos de gestión ambiental en base a conceptos que pueden ser considerados para la mejora del desempeño ambiental. Con esto hacemos referencia a enfoques como el de la economía Circular, la cual se define como un sistema industrializado que cuenta con capacidades regenerativas por intención y desde el diseño. Esto reemplaza el concepto “etapa final de la vida útil” con la restauración (Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP], 2019).

Este concepto en gestión de RR. SS. se entiende de la siguiente manera, de acuerdo con Lozano Lozano y Morocho Medina (2025) la economía circular aplicada a la gestión de RR. SS. conlleva el modificar y transformar materiales de origen reciclable y no reciclable en materias primas o productos que puedan reintegrase en procesos productivos reduciendo de esta forma la presión ambiental y aportando a la sostenibilidad de procesos. De la misma forma, Ordoñez et al. (2025) lo definen como aquella gestión que busca optimizar la recuperación de materiales y energía, promoviendo un modelo de desarrollo más eficiente y menos dependiente de la extracción de recursos naturales.

En cuanto a la ISO 14001 se menciona que dentro de una organización el valor agregado presente en la incorporación de un sistema de gestión ambiental es el valor extra que adquieren los bienes y servicios al transformarse dentro de un proceso productivo, es decir,

hace referencia a esa característica adicional que ahora ofrece el bien o servicio con el objetivo de que se genera un mayor valor en la percepción de los stakeholders y/o consumidores. El valor agregado en el ámbito ambiental (VAA) busca colocar en primera instancia a la inversión en busca de calidad ambiental, la eficiencia en el uso de los insumos y/o recursos naturales y la mejora continua de la calidad de los productos y servicios mediante meta cada vez más competitivas y rigurosas (Vera Solano & Cañón Barriga, 2018).

Otros beneficios perceptibles de la norma ISO 14001 son descritos en el estudio de Araque Arellano et al. (2018), en el que mencionan los beneficios que deben ser considerados al momento de implementar la norma en distintos sectores como el legal, productivo, financiero, empresarial y comercial. En base a ello se presentan las siguientes tablas.

Tabla 2
Beneficios legales y productivos de la ISO 14001

Beneficios en el área legal	Beneficios en el área productiva
● Cumplimiento de las normativas legales vigentes ● Reducción de los riesgos por sanciones y/o multas ● Disminución de sanciones por otras empresas ● Disminución de casos de sanción por competencia desleal	● Adquisición de nuevas tecnologías ● Minimización de generación de residuos ● Aumento del reciclaje ● Ahorro en el uso de materias primas (enfoque del ciclo de vida) ● Optimización de la cadena productiva

Nota. Beneficios legales y productivos de la implementación de la ISO 14001. Adaptado de "Gestión ambiental en la empresa mediante la ISO 14001-2015", por M. Araque Arellano, E. Avilés Sacoto, P. Castro Salvador, M. Vásconez Cruz, D. Álvarez Pulupa, F. Cuarán Sarzosa, F y D. García Tumipamba, 2018 (https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17067/1/Gestion%20ambiental%20en%20la%20empresa%20mediante%20la%20Norma%20ISO.pdf).

Tabla 3
Beneficios financieros y empresariales de la ISO 14001

Beneficios en el área financiera	Beneficios en el área empresarial

● Aumento en la cantidad de clientes ● Incremento de las ventas ● Revalorización de las acciones en el mercado ● Reducción de los costos de riesgo de la empresa	● Mejoras metodológicas de los procesos ● Mejora de las relaciones interempresariales ● Aumento del compromiso de trabajadores y alta dirección ● Mayor cohesión y motivación laboral

Nota. Beneficios financieros y empresariales de la implementación de la ISO 14001. Adaptado de "Gestión ambiental en la empresa mediante la ISO 14001-2015", por M. Araque Arellano, E. Avilés Sacoto, P. Castro Salvador, M. Vásconez Cruz, D. Álvarez Pulupa, F. Cuarán Sarzosa, F y D. García Tumipamba, 2018 (https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17067/1/Gestion%20ambiental%20en%20la%20empresa%20mediante%20la%20Norma%20ISO.pdf).

Tabla 4
Beneficios comerciales de la ISO 14001

Beneficios en el área comercial
● Aumenta el alcance de llegada de los productos (a diferentes mercados en el mundo) ● Incremento de las ventas ● Mejora las relaciones de la alta dirección con socios estratégicos ● Aumenta la confianza de las acciones tomadas por la alta dirección

Nota. Beneficios comerciales de la implementación de la ISO 14001. Adaptado de "Gestión ambiental en la empresa mediante la ISO 14001-2015", por M. Araque Arellano, E. Avilés Sacoto, P. Castro Salvador, M. Vásconez Cruz, D. Álvarez Pulupa, F. Cuarán Sarzosa, F y D. García Tumipamba, 2018 (https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17067/1/Gestion%20ambiental%20en%20la%20empresa%20mediante%20la%20Norma%20ISO.pdf).

A pesar de los beneficios señalados, la implementación de esta norma ISO 14001 también presenta desafíos documentados en la literatura académica. El principal obstáculo identificado es el alto costo de implementación y certificación, que incluye auditorías externas, consultoría especializada y capacitación continua del personal, representando una barrera significativa especialmente para organizaciones públicas con recursos limitados como los municipios (Waxin et al., 2023). Asimismo, la revisión sistemática de Camilleri (2022) señala que entre los principales inconvenientes de la ISO 14001 se encuentran los elevados costos de certificación, las restricciones de tiempo y el incremento en la carga

burocrática. Finalmente, Carrillo et al. (2020) señala que estas barreras podrían ser mitigadas mediante la aplicación de incentivos fiscales como estrategia.

El estándar de economía circular fundamenta su razón de ser en la transición del modelo económico lineal hacia uno circular. La ISO 59004 establece seis principios clave e interconectados para esta transición: pensamiento sistemático, creación de valor, distribución de valor, gestión sostenible de recursos, trazabilidad de recursos y resiliencia ecosistémica (ISO, 2026). Estos principios se traducen en beneficios concretos documentados por el Parlamento Europeo (2023), tal como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5
Beneficios de la economía circular

Beneficios de la economía circular	● Reducción del uso no medido de las materias primas ● Conservación del paisaje y recursos naturales ● Creación de productos con mayor grado de eficiencia y sostenibilidad ● Reducción de la cantidad de residuos generados ● Creación de empleo ● Precios más justos para los consumidores ● Adopción de nuevas técnicas más abordables económicamente ● Reducción en costos de producción ● Reducción de GEI

Nota. Beneficios de implementar la economía circular. De "Economía circular: definición, importancia y beneficios", por el Parlamento Europeo, 2023 (https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios).

Los beneficios identificados adquieren especial relevancia en el ámbito de la gestión municipal de residuos sólidos en Lima Metropolitana, dado que la implementación de prácticas de reutilización y reciclaje contribuye a disminuir la presión sobre los recursos naturales, mitigar la alteración del paisaje y los ecosistemas, así como a reducir la pérdida de biodiversidad.

Los procesos de certificación duran de 6 a 12 meses aproximada y generalmente son implementadas con la asesoría de consultoras especializadas. Además, una vez obtenida la certificación existe un costo por mantenimiento y por conservar a lo largo del tiempo.

Continuando por este lineamiento se debe considerar y entender que la normativa ambiental es el conjunto de disposiciones legales o instrumentos jurídicos que el estado peruano establece por consenso de diversos sectores de la sociedad, estos regulan, obligan y sancionan el incumplimiento de cualquier disposición legal aplicable en la materia, las cuales en materia ambiental juegan un rol fundamental en la toma de decisiones (Euroinnova, 2021).

La gestión de residuos sólidos municipales en el Perú se encuentra regulada por un marco normativo robusto que establece principios, obligaciones y responsabilidades para los gobiernos locales. El Decreto Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, constituye la base legal que orienta la minimización de la generación de residuos, la valorización material y energética, y la disposición final en infraestructuras autorizadas. Este cuerpo normativo se complementa con su reglamento, aprobado mediante el Decreto Supremo N°014-2017-MINAM y posteriormente modificado por el D.S. N°023-2021-MINAM, el cual desarrolla los mecanismos operativos para la implementación de la gestión integral a nivel distrital, estableciendo criterios técnicos para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final, así como lineamientos para la incorporación de prácticas de economía circular (Decreto Legislativo 1278, 2016).

En el ámbito de la planificación local, los Planes Integrales de Gestión Ambiental de RR. SS. (PIGARS) constituyen el instrumento estratégico obligatorio que deben elaborar las municipalidades provinciales, articulándose con la Política Nacional del Ambiente al 2030 que establece como lineamiento la transición hacia una gestión sostenible de residuos alineada con los principios de economía circular (MINAM, 2017). Para el seguimiento y reporte del desempeño municipal, el Sistema de Información para la Gestión de RR. SS. (SIGERSOL) y el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), administrados por el Ministerio del Ambiente, constituyen las plataformas oficiales de reporte anual utilizadas como fuente primaria de datos en la presente investigación. Finalmente, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ejerce funciones de supervisión sobre las municipalidades, cuyos reportes evidencian incumplimientos recurrentes en Lima Metropolitana, lo que refuerza la necesidad de adoptar estándares de certificación ambiental como mecanismo de mejora institucional (MINAM, 2017).

La dimensión territorial resulta clave para la efectividad de la gestión de RSM. La articulación con el planeamiento urbano permite definir la localización adecuada de

rellenos sanitarios, plantas de valorización y estaciones de transferencia, reduciendo conflictos socioambientales y asegurando compatibilidad con la expansión urbana. Por su parte, el catastro municipal constituye una herramienta esencial para registrar predios y actividades generadoras de residuos, optimizar rutas de recolección y vincular la generación real de residuos con la recaudación de arbitrios. Finalmente, la gestión metropolitana y regional posibilita la coordinación intermunicipal, generando economías de escala en transporte y tratamiento, y alineando la gestión de residuos con políticas regionales de desarrollo sostenible (MINAM, 2017).

El desempeño ambiental se define como los resultados medibles que obtiene una organización en la gestión de sus aspectos ambientales (ISO, 2026). Este concepto abarca la capacidad efectiva para alcanzar objetivos ambientales mediante la implementación de políticas, programas y prácticas orientadas a la prevención, mitigación y control de impactos negativos sobre el entorno. Investigaciones recientes demuestran que la adopción de ISO 14001 resulta en mejoras notables de la eficiencia técnica mediante la reducción de costos de producción desperdiciados, implementación de cambios procedimentales en mantenimiento y modificaciones de procesos que minimizan los residuos ambientales (Song et al., 2024).En el contexto de la gestión municipal de RR. SS., el desempeño ambiental se refleja en la efectividad con la que las municipalidades implementan sus sistemas de gestión, considerando indicadores como la cobertura del servicio de recolección, las tasas de valorización de residuos orgánicos e inorgánicos, la reducción de puntos críticos de acumulación y la disposición final adecuada en infraestructuras autorizadas. Las investigaciones actuales confirman que los sistemas de gestión ambiental generan impactos positivos en el desempeño ambiental organizacional, promoviendo mejoras sustanciales en las prácticas de gestión y aumentando la conciencia sobre temas ambientales en el sector público (Waxin et al., 2023).

El cumplimiento ambiental se refiere al grado en que una organización satisface los requisitos establecidos tanto en la legislación ambiental vigente como en otros estándares voluntarios de certificación. Este concepto implica la adherencia formal a criterios, procedimientos y obligaciones normativas que garantizan prácticas ambientalmente responsables y legalmente conformes. En el marco de la gestión de RR. SS. municipales, el cumplimiento ambiental incluye el acatamiento de la normativa nacional e internacional, así como la conformidad con requisitos específicos de normas como ISO 14001 (Sistemas

de Gestión Ambiental) e ISO 59004 (Economía Circular). La evidencia empírica demuestra que el cumplimiento con las directrices de ISO 14001 no solo resulta esencial para la adherencia legal, sino también para promover prácticas sostenibles de gestión de residuos que reducen significativamente los impactos ambientales negativos (Sobrino, 2024). A diferencia del desempeño ambiental, que evalúa los resultados medibles alcanzados, el cumplimiento se centra en verificar la conformidad con requisitos específicos predefinidos por marcos normativos y estándares de certificación.

El nivel de desempeño constituye una de las variables centrales de la presente investigación. En un contexto ambiental, se define como la capacidad organizacional de implementar de manera eficiente los componentes planificados dentro de un sistema de gestión, incluyendo la planificación, operación, evaluación y mejora continua, en relación con normas de certificación de Diez Torricelli (2025). Este concepto permite estratificar a las organizaciones según su grado de madurez y efectividad en la gestión ambiental. El liderazgo transformacional verde, como componente del nivel de desempeño, se enfoca en desarrollar la capacidad organizacional para cumplir con las expectativas ambientales de diversos grupos de interés, mejorando significativamente el desempeño ecológico organizacional (Caner & Süleyman, 2023).

A diferencia del cumplimiento ambiental, que establece si una organización satisface o no determinados requisitos (perspectiva dicotómica), el nivel de desempeño reconoce que existen diferentes grados de capacidad organizacional para implementar sistemas de gestión ambiental. En el contexto de la gestión de RSM de Lima Metropolitana, el nivel de desempeño permite clasificar a las municipalidades en estratos según su capacidad real para articular de manera eficiente procesos de segregación en la fuente, recolección selectiva, valorización de residuos y disposición final adecuada, todo ello alineado con los lineamientos de estándares como ISO 14001 e ISO 59004 (Caner & Süleyman, 2023).

Existe una relación directa y significativa entre estos tres conceptos. El cumplimiento robusto de estándares de certificación ambiental tiende a fortalecer el nivel de desempeño organizacional al establecer mecanismos basados en el ciclo de mejora continua (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.)

Análisis Prospectivo

Dentro de las herramientas que se pueden emplear en investigaciones de esta índole se encuentran la revisión documental el cual es un método investigativo cualitativo usado mediante el análisis documental a partir de la revisión de investigaciones, artículos y/o publicaciones relacionadas al tema (Segura et al., 2020).

De acuerdo con Segura et al. (2020), el análisis documental se fundamenta en la lectura delicada y cautelosa de documentación, elaboración de apuntes y medios analíticos para encontrar similitudes, vacíos, referencias, convergencias, incoherencias o contradicciones en base a los elementos que se buscan hallar para obtener una síntesis de la realidad estudiada. Otra herramienta metodológica importante es la Revisión ambiental Inicial o Diagnóstico Inicial Ambiental (RAI), que permite evaluar el estado situacional de una determinada organización (pública o privada) permitiendo obtener el estado ambiental actual como punto de referencia (Marín Valencia, 2011). Por su parte, el coeficiente de correlación es una medida específica que cuantifica el nivel de intensidad entre dos variables de investigación. Esta permite determinar si existe alguna relación entre ambas variables siendo estas no necesariamente causales, todo depende de la naturaleza y grado de interrelación entre estas (JMP Statistical Discovery, s.f.).

El análisis prospectivo es una herramienta que permite evaluar las posibles implicancias futuras de una determinada situación, generalmente, considerando como base el escenario anterior y el escenario deseado en función de la investigación que se realice (Roa Rosales, 2021). En el contexto de la prospectiva ambiental, es crucial entenderlo no solo como una metodología, sino también como una disciplina sustentada en sólidos fundamentos teóricos. Uno de los componentes centrales es el “análisis de escenarios”, este enfoque permite que se explore diferentes futuros posibles mediante narrativas que grafican como podrían desarrollarse diversas condiciones en el futuro, en función de distintas variables y decisiones, realizando una construcción a futuro. A través, del análisis de escenarios, se puede identificar oportunidades y riesgos, así como ser punto de partida para implementar estrategias que permitan prevenir o minimizar diversas contingencias que pueden presentarse bajo ciertas condiciones modificando la dirección de los paradigmas y la planeación estratégica (Aguilar et al., 2018). Este análisis no solo enriquece la toma de decisiones, sino que también promueve un diálogo inclusivo entre diversos actores, contribuyendo a una mejor planificación y gestión ambiental.

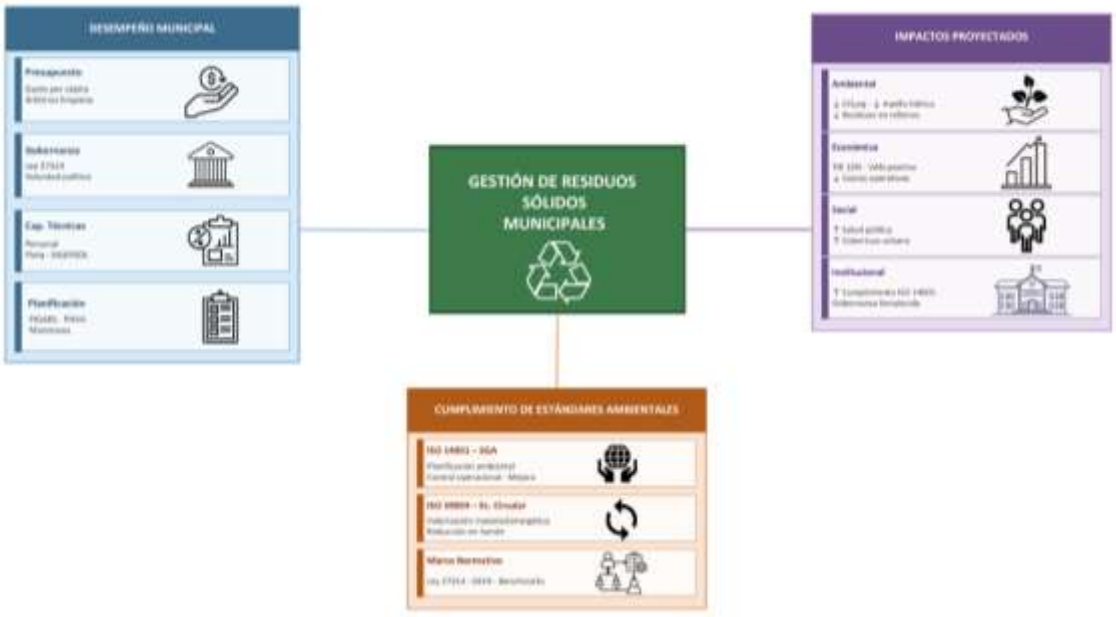
Finalmente, los impactos ambientales y económicos son una representación visual de lo que ocurre internamente en los procesos de gestión ambiental y en el mundo en el contexto de una sociedad o ecosistema antrópico-natural. De esta forma, los impactos ambientales son aquellos cambios en el ambiente como resultado de actividades, productos o servicios generados por el hombre a modo de presión antropogénica y que pueden ser beneficiosos o perjudiciales para el ser humano (Zhou et al., 2023). Dentro de ellos se analizan aspectos relacionados al cambio climático y a la contaminación atmosférica, hídrica y del suelo, entre otras categorías (Schenker et al., 2022).

Mientras que los impactos socioeconómicos son aquellas actividades o procesos que contribuyen positiva o negativamente en el patrimonio socioeconómico de una región (Baindu Gobio-Thomas et al., 2023). Estas pueden ser directas o indirectas generadas por otros impactos como los impactos ambientales, los cuales repercuten en problemas sociales que desencadenan en impactos o implicaciones económicas. Algunos ejemplos de esto son el cambio climático, la contaminación, entre otros (Helo Sarmiento et al., 2023).

En base a ello, un análisis costo beneficio (ACB) es una metodología que busca identificar y valorar la totalidad de efectos económicos y sociales resultantes de la implementación de proyectos (FasterCapital, 2026). Además, de acuerdo con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (1997), el análisis costo-beneficio aplicado al medio ambiente permite proteger y mejorar la calidad ambiental al cuantificar los impactos de proyectos y políticas, equilibrando los costos de implementación con los beneficios ecológicos y sociales.

A partir de los fundamentos teóricos desarrollados en las secciones precedentes, se propone el siguiente modelo conceptual integrador que articula explícitamente las relaciones entre las variables centrales de la presente investigación. El modelo sistematiza cómo la capacidad institucional de las municipalidades (entendida como el conjunto de recursos presupuestales, condiciones de gobernanza, capacidades técnicas y planificación estratégica) constituye la base que determina el nivel de desempeño en la gestión de residuos sólidos municipales. A su vez, dicho nivel de desempeño se relaciona directa y significativamente con el grado de cumplimiento de estándares de certificación ambiental, específicamente ISO 14001 e ISO 59004. Finalmente, la adopción progresiva de estos estándares genera impactos proyectados de naturaleza ambiental, económica, social e institucional, evaluados mediante el análisis prospectivo de tres escenarios. La Figura 5 sintetiza estas relaciones de manera integrada.

Figura 5
Modelo conceptual integrador



Nota. Modelo conceptual integrador de la gestión de residuos sólidos municipales. Elaborado a partir de Diez Torricelli (2025) y Waxin et al. (2023).

2.3 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis y variables

La hipótesis planteada es de naturaleza correlacional, dado que busca determinar si existe una relación estadísticamente significativa entre dos variables: el nivel de desempeño en la gestión de RR. SS. y el cumplimiento de requisitos de certificación ambiental. Este tipo de hipótesis no establece causalidad, sino que identifica el grado y la dirección de la asociación entre ambas variables (Lalinde et al., 2018).

En el estudio realizado por Castillo et al. (2018) se llevó a cabo un análisis de correlación bivariada utilizando el coeficiente de Pearson con el propósito de examinar la relación entre el compromiso ambiental, el desempeño ambiental y el desempeño organizacional en establecimientos hoteleros de México. Los hallazgos evidenciaron asociaciones directas y estadísticamente significativas en dos dimensiones: por un lado, entre el compromiso y el desempeño ambiental; y por otro, entre el desempeño ambiental y el desempeño organizacional. Este estudio confirma la pertinencia del uso de correlaciones como herramienta estadística para evaluar el impacto de las prácticas ambientales en el cumplimiento de objetivos institucionales, incluso en contextos donde se implementan sistemas de gestión bajo la norma ISO 14001.

De igual manera, Lalinde et al. (2018) presentan un análisis detallado sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson, destacando su utilidad en áreas como la ingeniería y las ciencias sociales para establecer relaciones entre variables cuantitativas. El estudio señala que la aplicación de una correlación permite identificar patrones significativos entre variables, considerando el cumplimiento de los supuestos de normalidad linealidad y homocedasticidad. Este fundamento estadístico respalda que la aplicación de correlaciones en estudios ambientales que buscan vincular el desempeño interno con el cumplimiento de estándares externos es metodológicamente válida y aplicable al presente estudio.

Complementariamente Gutiérrez et al. (2024) realizaron un estudio en una ciudad de Venezuela con el objetivo de analizar la relación entre la gestión de residuos municipales y la contaminación ambiental. Mediante la recopilación y análisis documental de fuentes indexadas como Scielo y Scopus, los autores determinaron el grado de relación existente entre ambas variables, así como el impacto generado por la ausencia de un plan de manejo ambiental. Este antecedente refuerza la pertinencia de estudiar entre variables de gestión municipal y estándares ambientales en contextos latinoamericanos.

Las investigaciones mencionadas coinciden en que el análisis de correlación es una herramienta válida y robusta para evaluar relaciones que impliquen variables ambientales, incluyendo la medición del impacto de prácticas internas sobre resultados externos como certificaciones o desempeño institucional. Por lo tanto, esta base teórica sustenta el enfoque metodológico de la presente investigación, que busca establecer relaciones significativas entre variables de desempeño ambiental.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis específica

"Existe relación significativa entre el nivel de desempeño de la gestión de RR. SS. y el cumplimiento de requisitos de certificación ambiental"

2.5 Variables

Objetivo específico 1:

Variable Independiente:

Nivel de desempeño de la gestión de RR. SS.

Tipo: Cuantitativa

Objetivo específico 2:

Variable Independiente:

Nivel de desempeño de la gestión de RR. SS.

Tipo: Cuantitativa

Variable Dependiente:

Cumplimiento de requisitos de estándares de certificación ambiental

Tipo: Cuantitativa

Objetivo específico 3:

Variable Independiente:

Implementación de estándares de certificación ambiental

Tipo: Cuantitativa

Variable Dependiente:

Magnitud de impactos ambientales

Tipo: Cuantitativa

Variable Dependiente:

Magnitud de impactos socioeconómicos

Tipo: Cuantitativa

3 Metodología

3.1 Enfoque alcance, tipo, método y diseño de la investigación

El alcance general de la presente investigación es de carácter descriptivo–prospectivo. En cuanto a los objetivos específicos, se enmarcan en un enfoque descriptivo, ya que mediante la revisión documental se clasifican y evalúan las municipalidades en relación con su desempeño en la gestión pública de RR. SS. municipales. En este sentido, la revisión documental constituye la principal herramienta para la recolección de datos que sirven como insumos de los objetivos planteados. No obstante, el estudio también incorpora un componente prospectivo, orientado al análisis de escenarios alternativos con el propósito de estimar los impactos ambientales y socioeconómicos asociados a cada uno de ellos. Este doble enfoque permite no solo diagnosticar la situación actual, sino también proyectar posibles resultados y orientar la toma de decisiones hacia una gestión integral y sostenible de los RR. SS.

La investigación se desarrolla bajo un diseño no experimental, descriptivo–correlacional, complementado con un modelamiento prospectivo de escenarios orientado a predecir impactos ambientales y sociales. En cuanto al horizonte temporal, el estudio se centra en un periodo corto - menor a 15 años -, lo que permite obtener resultados más fiables. Esta delimitación responde a que, en lapsos más prolongados, aumenta el riesgo de variaciones no previstas derivadas de coyunturas medioambientales, sociopolíticas o sanitarias que podrían alterar significativamente las proyecciones.

El enfoque cuantitativo se sustenta en el uso de datos numéricos y porcentuales para medir variables clave, tales como el nivel de desempeño en la gestión de RSM, el grado de cumplimiento de estándares de certificación ambiental, así como los impactos ambientales y sociales asociados. Las variables específicas vinculadas a cada objetivo de investigación se detallan a continuación:

Objetivo específico 1: Determinar el nivel de desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana

Variable: Nivel de desempeño de la gestión de RR. SS.

Definición conceptual: el nivel de desempeño en un contexto ambiental se define como la capacidad organizacional de implementar de manera eficiente las aristas que se planifican durante una gestión o dentro de un sistema de gestión (planificación, operación, evaluación, mejora continua, entre otros) en relación con normas de certificación (Diez Torricelli, 2025).

Definición operacional: Para desarrollar la variable se emplearán herramientas estadísticas como la regla de Sturges y tabla de intervalos para la formación de las categorías de clasificación de acuerdo con el nivel de desempeño. Asimismo, se empleará la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales para la ponderación de los puntajes obtenidos en los cinco indicadores a evaluar. Para ello se empleó la siguiente metodología:

1. Identificación del peligro (fuentes antrópicas)
2. Análisis de vulnerabilidad (sensibilidad del ecosistema, exposición poblacional, capacidad institucional.
3. Estimación de la probabilidad (frecuencia)
4. Valoración de consecuencias (dimensión ambiental o ecológica, social y económica)
5. Determinación del riesgo

Del mismo modo, se emplearán tablas de datos de cada municipio con su puntaje obtenido en cada indicador, mediante el cual se obtendrá de forma porcentual el nivel de desempeño.

Objetivo específico 2: Determinar la relación entre el nivel de desempeño de la gestión de Residuos sólidos municipales y el cumplimiento municipal de requisitos de estándares de certificación ambiental.

Variable: Cumplimiento de requisitos de estándares de certificación ambiental

Definición conceptual: La acción de cumplimiento hace referencia a los instrumentos que se emplean para fiscalizar o demandar a autoridades o entidades privadas el cumplimiento de funciones que impactan en la sociedad, sobre la base a normativas o criterios éticos.

Además, puede implementarte en la evaluación de sistemas, procesos, entre otros (Ponce Flores, 2021).

Definición operacional: Para desarrollar la variable se emplearán cuadros de benchmarking empleados para comparar los requisitos de las certificaciones ambientales pertinentes, con ello se crearán requisitos mixtos que engloben la misma idea en ambas certificaciones. Asimismo, se emplearán tablas de datos para cada uno de los puntajes obtenidos sobre la base del cumplimiento de los requisitos de cada certificación. La tabla de intervalos y regla de Sturges será empleada para generar los rangos de clasificación con base en los puntajes promedio obtenidos por las municipalidades.

Objetivo específico 3: Analizar, mediante la evaluación de tres escenarios prospectivos, la magnitud de los impactos ambientales y socioeconómicos proyectados ante la implementación de estándares de certificación en el desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

Variable: Magnitud impactos ambientales

***Definición conceptual*:** la magnitud de impactos ambientales es el valor con el cual se cuantifica aquellos cambios en el ambiente como resultado de actividades, productos o servicios generados por el hombre a modo de presión antropogénica y que pueden ser beneficiosos o perjudiciales para el ser humano (Zhou et al., 2023). Dentro de ellos se analizan aspectos relacionados al cambio climático y a la contaminación atmosférica, hídrica y del suelo, entre otras categorías (Schenker et al., 2022).

Definición operacional: Para desarrollar la variable se emplearán en primer lugar datos y valores de reducción o incremento (según lo requiera el indicador y el escenario) para los indicadores propuestos. Con ello se elaborarán tablas y gráficos donde se evidencia la reducción o aumento de la cuantificación de estos indicadores a través del tiempo (a futuro). Con ello se empleará el software SimaPro para estimar los impactos ambientales generados por la actividad de la cual se genera un indicador. De este modo se obtiene el impacto ambiental estimado del indicador en cuestión considerando 18 ejes de evaluación.

Variable: Magnitud de impactos socioeconómicos

***Definición conceptual*:** Es la cuantificación económica de actividades o procesos que contribuyen positiva o negativamente en el patrimonio socioeconómico de una región (Baindu Gobio-Thomas et al., 2023). Estas pueden ser directas o indirectas generadas por otros impactos como los impactos ambientales, los cuales repercuten en problemas sociales que desencadenan en impactos o implicaciones económicas, los cuales se pueden medir en análisis de costo beneficio o similares. Algunos ejemplos de esto son el cambio climático, la contaminación, entre otros (Helo Sarmiento et al., 2023).

Definición operacional: Para desarrollar la variable se empleará el ACB mediante el método de costos evitados como instrumentos para convertir los daños generados en las personas por la contaminación atmosférica (producto de la excesiva generación y mala gestión de RR. SS.) en un valor económico que beneficia a la población si la calidad del aire mejorara. Esto nos arrojará un TIR y VAN los cuales serán los fundamentos bajo los cuales se demostrará si lo planteado resulta ser o no ser económica y socialmente viable para las personas al reducir o aumentar costos.

3.2 Población y muestra

Objetivo específico 1: Determinar el nivel del desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

Tipo: No experimental

Población: 43 municipalidades de Lima Metropolitana

Para el presente objetivo específico no se considera una muestra, ya que se emplea a toda la población, es decir, los 43 distritos de Lima Metropolitana con el fin de clasificar a cada uno de estos con base al nivel de desempeño de la gestión de RSM que obtengan.

Objetivo específico 2: Determinar la relación entre el nivel de desempeño de la gestión de Residuos sólidos municipales y el cumplimiento municipal de requisitos de estándares de certificación ambiental.

Tipo: No experimental

Población: 43 municipalidades de Lima Metropolitana

Tamaño de muestra: 15 municipalidades de Lima Metropolitana

Técnica de muestreo: La técnica de muestreo empleada para el segundo objetivo específico fue el muestreo por cuotas y accesibilidad directa la cual fue de cinco unidades muestrales para cada estrato definido en el objetivo específico uno. Este muestreo fue escogido debido a la disponibilidad y cercanía de los autores a los municipios seleccionados (accesibilidad) y, a su vez, se buscó que las características poblaciones, estadísticas (en RR. SS.) y contextuales de los municipios escogidos sean lo más similares posibles entre cada estrato (por cuotas). La medida seleccionada para el muestreo del segundo objetivo específico debilita la aceptación estadística de la correlación que se busca, por lo cual, al ser un muestreo no probabilístico, los resultados de correlación que se obtendrán para la muestra del presente objetivo no se pueden generalizar para Lima Metropolitana.

Unidad muestral: Cinco distritos por cada estrato generado que cuenten con información vigente, oficial o accesible, que formen parte de la provincia de Lima Metropolitana y que se encuentren dentro de los tres estratos formado por las municipalidades en el objetivo 1.

Objetivo específico 3: Analizar, mediante la evaluación de tres escenarios prospectivos, la magnitud de los impactos ambientales y socioeconómicos proyectados ante la implementación de estándares de certificación en el desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

Tipo: No experimental

Población: 15 municipalidades de Lima Metropolitana

Tamaño de muestra: 9 municipalidades de Lima Metropolitana

Técnica de muestreo: La técnica de muestreo empleada para el tercer objetivo específico fue el muestreo por conveniencia dentro de cada estrato. La elección de este tipo de muestreo se justifica debido a que para este objetivo se analizó a profundidad los impactos a generarse en el medio ambiente y la economía, por ello es necesario seleccionar a las municipalidades que cuenten con una mejor calidad y confiabilidad en los datos presentados y que el acceso a estos se encuentre liberado.

Unidad muestral: Distritos que cuenten con información detallada vigente, oficial o accesible, que formen parte del distrito de Lima y que se encuentren dentro de la muestra previa de 15 municipalidades. Los municipios escogidos cuentan con acceso a información certera y actualizada.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Descripción del instrumento

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos la técnica e instrumentos que se emplearon para el recojo de información fueron la búsqueda y recolección de información pertinente en sitios web de entidades nacionales competentes seleccionando la información relevante. La data está relacionada a la gestión de RSM obtenidas de páginas como el SINIA, SIGERSOL, INEI, entre otras. En adición, se empleó las entrevistas estructuradas aplicadas a tres funcionarios municipales. Además, se empleó como método adicional los formatos de acceso a la información pública físico y virtual.

Para el desarrollo del Objetivo 3, se empleó la información recopilada de diversos portales especializados como insumo para la modelación de impactos en el software SimaPro. Previamente, se efectuó un análisis prospectivo de escenarios, aplicando criterios de reducción o incremento de valores en función del contexto definido para cada uno. Una vez obtenidos los resultados de dicho análisis, se procedió a aplicar la metodología establecida en la ISO 14040, utilizando el software SimaPro 9.4.0.3. Para la evaluación de impactos se seleccionó el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), complementado con la base de datos Ecoinvent 3, a fin de garantizar la solidez y consistencia de los resultados.

3.3.2 Validación de instrumentos

Se empleó una validación de instrumentos de recojo de información la revisión documental de artículos científicos y documentos de entidades internacionales los cuales garantizan que los datos obtenidos y que se empleen en el presente desarrollo sean válidos y certeros. La experta que revisó y validó la técnica mencionada es la doctora Lutgarda Palomino Gonzales, experta que actualmente labora como docente catedrático y especialista en investigación científica en la Universidad César Vallejo. Asimismo, presenta un máster en Educación con mención en Investigación y Docencia Superior, y un doctorado en Derecho (*Anexo 1*). Asimismo, la doctora Palomino validó las entrevistas estructuradas que se

elaboraron para funcionarios de municipalidades de Lima Metropolitana. En ambos casos brindó recomendaciones constructivas las cuales permitieron el correcto desarrollo de ambos instrumentos *(Anexo 2).*

El siguiente instrumento de recojo de información validado es la revisión documentaria de portales y páginas web relacionadas con las distintas entidades públicas que trabajan en pro y cuidado del medio ambiente, el cual fue validado por la experta Lisseth Díaz, quien trabaja actualmente como consultora en fiscalización de gestión ambiental. Ha laborado en municipalidades como la de Surco y Miraflores en el área de gestión de RR. SS. Con su validación se pudo extraer de los portales mencionados indicadores y datos relevantes para el desarrollo de los objetivos específicos (*Anexo 3*).

Los instrumentos que se emplearon para el manejo de datos fueron el análisis de impactos ambientales mediante el software SimaPro y el análisis costo beneficio con el método de costos evitados. En el caso del software SimaPro este fue validado por el ingeniero ambiental Juan Badaraco Valle, quien cuenta con una maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible llevando sus años como ingeniero a la gerencia de gestión ambiental en municipalidades de Lima Metropolitana (*Anexo 5*).

Para la herramienta de análisis costo beneficio se recurrió a la opinión y validación de la experta en economía Tatiana Leyva Pedraza, economista de profesión que es docente y asesora de tesis de la facultad de Economía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en donde lleva más de 20 años de docencia. La experta validó el instrumento a emplear mencionando que, de emplear otro enfoque para la recolección de datos, el propio objetivo específico tres puede ser un objetivo general para una tesis completa (*Anexo 4*).

3.4 Descripción del procesamiento y análisis estadístico

Objetivo específico 1: Determinar el nivel del desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

Se seleccionaron indicadores clave para el objetivo específico 1, relacionados con la disposición final adecuada de RR. SS., valorización de residuos orgánicos e inorgánicos,

recaudación de arbitrios y presupuesto per cápita para la gestión de residuos. Los datos fueron agrupados en intervalos utilizando la regla de Sturges. Con ello, Se elaboraron tablas con los valores de cada municipio para cinco indicadores clave, utilizados para su categorización: cobertura de disposición final adecuada, valorización de residuos inorgánicos y orgánicos, cobertura de arbitrios per cápita en función del presupuesto para la GIRS, y presupuesto per cápita destinado a la GIRS.

Luego de ello se construyó la tabla de frecuencias en la cual se van a repartir los 43 distritos de Lima Metropolitana y sobre la base de ello se le añadirá los puntajes del 1 al 7 (por el intervalo que representan) a los distritos y se complementará la tabla que se creó en un inicio.

Tabla 6
Tabla de intervalos

Puntaje	Intervalos		Datos por intervalo
1	0.9221	0.9325	2
2	0.9325	0.9429	0
3	0.9429	0.9533	0
4	0.9533	0.9636	0
5	0.9636	0.9740	4
6	0.9740	0.9844	15
7	0.9844	0.9948	22

Nota. Tabla de intervalos elaborada para los datos de cobertura de RR. SS..

Tabla 7
Tabla de datos de cobertura con puntajes

Distrito	RR. SS. dispuestos adecuadamente en infraestructura de disposición final	Puntaje (1-7)
Carabayllo	98.60%	7
Cieneguilla	97.43%	6
Comas	99.08%	7
Independencia	98.38%	6
Los Olivos	98.69%	7

Nota. Tabla de datos de cobertura con puntajes asignados según intervalos; C (de 1 a 3), B (de 4 a 5), y A (de 6 a 7). Tabla resumida a forma de ejemplo.

Adicionalmente, se empleó la metodología del MINAM establecida en su guía de evaluación de riesgos ambientales, para determinar los pesos que se asignarán a cada uno de los indicadores.

Se identificaron las fuentes de peligro asociadas a cada indicador en tres entornos (humano, ecológico y socioeconómico), mediante el análisis de causas y efectos. Por ejemplo, en el entorno ecológico, la baja cobertura de recolección de RR. SS. se vinculó con la contaminación del aire por la generación de material particulado y emanación de gases. Este análisis se replicó para todos los indicadores y entornos.

Luego, se definieron escenarios con sus respectivos efectos y se estimó la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 5, promediando los puntajes por indicador en los tres entornos. Tras estimar la probabilidad, se evaluó la gravedad de las consecuencias para cada indicador en los tres entornos (humano, ecológico y socioeconómico), considerando cantidad, peligrosidad, extensión y vulnerabilidad (según criterios específicos por entorno), utilizando la metodología del MINAM. Luego, se promedió la gravedad por indicador y se cruzaron estos valores con la probabilidad en una matriz de riesgo, determinando así el nivel de riesgo asociado a cada indicador. Las tablas de valorización de consecuencias y gravedad de estas se encuentran en el *anexo 7* y *8*.

Tabla 8

Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	cantidad + 2 peligrosidad + extensión	calidad del medio
Entorno humano	cantidad + 2 peligrosidad + extensión	población afectada
Entorno socioeconómico	cantidad + 2 peligrosidad + extensión	patrimonio y capital productivo

Nota. La tabla muestra las fórmulas para la estimación de gravedad en los tres entornos (humano, natural y socioeconómico). De "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

Tabla 9

Valoración de los escenarios identificados

Valor	Valoración	Valor asignado
Crítico	20 - 18	5
Grave	17 - 15	4
Moderado	14 - 11	3
Leve	10 - 8	2
No relevante	7 - 5	1

Nota. La tabla muestra la información utilizada para asignar un valor basado en el tipo de gravedad que presentan los escenarios. De "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

Figura 6

Estimación del riesgo ambiental



Nota. La figura muestra el gráfico empleado para calcular el riesgo mediante la multiplicación de la probabilidad y la consecuencia promedio de los entornos. De "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

Con la información presentada se procedió a desarrollar una metodología adaptada a nuestro caso. Para ello, se inició sumando los puntajes estableciendo la clasificación con base en los indicadores descritos. Se utilizó la metodología del MINAM (2009) para evaluar los riesgos ambientales, utilizándola como referencia para la asignación de pesos a cada uno de los indicadores, dado que los cinco indicadores no deberían tener el mismo peso debido a que algunos podían generar efectos más severos que otros. De esta forma se elaboró primero la identificación de fuentes de peligro, en la cual se siguió la guía mencionada líneas arriba y se analizó la interpretación desarrollada por Concha Challco y Merma Vargas (2021) y Román Arraiza (2021). En consecuencia, se identificaron las fuentes de peligro para los tres entornos (socioeconómico, humano y natural) y se identificaron causas y efectos.

Después, se evaluaron los escenarios y la probabilidad con la que estos podrían ocurrir. En esta investigación los escenarios han sido reemplazados por los indicadores a modo de adaptación. Con ese cambio la metodología sigue desarrollándose de la forma en la que lo plantea (MINAM, 2009).

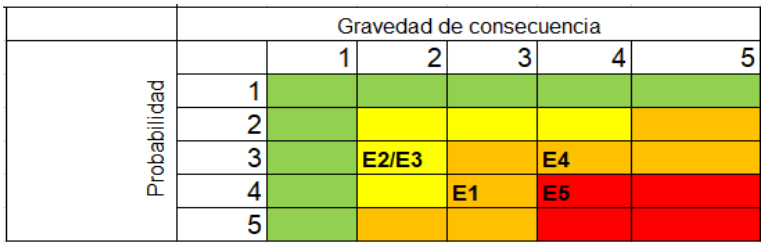
Seguido de ello, se determinó la gravedad de las consecuencias siguiendo la metodología descrita en guía y para ello era necesario el uso de una fórmula sencilla y las matrices elaboradas para la asignación de puntajes con base en los indicadores ya establecidos para cada puntaje. Se elaboraron tres tablas por separado para los tres entornos y una tabla general (*Anexo 6*).

Para poder determinar el riesgo se debe multiplicar el valor de la probabilidad con el de la gravedad de las consecuencias para luego asignar un calificativo con base en el valor obtenido. Para ello se realizó una adaptación de la guía, pues en la guía se describe el riesgo por entorno, es decir, riesgo de tipo "X" para el entorno socioeconómico/natural/ecológico. No obstante, lo que deseamos nosotros con esta metodología es sí, hallar el riesgo en general, pero de otra forma en la que se nos facilite otorgar un peso (factor de multiplicación) para cada uno de los indicadores. Para ello se realizó los promedios de los valores de los cinco indicadores por entorno.

De esta forma podríamos saber cuál era el valor de la gravedad de cada indicador de forma global (promediando valoración del entorno humano, natural y socioeconómico). Una vez con esos valores se hizo un encuentro cruzado dentro de la matriz de estimación para el riesgo ambiental. En este apartado se eligió seguir la modificación del trabajo de Concha Challco y Merma Vargas (2021) en donde le dan una categoría más a los niveles de riesgo. Con esta configuración obtuvimos niveles de riesgo leve, moderado, medio y alto, los cuales presentan multiplicadores de x1, x2, x3 y x4 respectivamente. Además, sobre la base del porcentaje que obtuvieron cada uno de los indicadores por el nivel de riesgo se halló el nivel promedio de riesgo que presenta el servicio de gestión de RR. SS. en Lima.

Figura 7

Matriz de clasificación del riesgo en cada indicador



Nota. La figura muestra la matriz de clasificación del riesgo ambiental en base a su probabilidad y gravedad. Adaptado de "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

Tabla 10

Adaptación de la estimación del riesgo

	Adaptación del estimador		**Multiplicador de peso**
4	Riesgo Alto	Arbitrios	x4
3	Riesgo medio	Cobertura y presupuesto	x3
2	Riesgo moderado	R. orgánicos e inorgánicos	x2
1	Riesgo leve	-	x1

Nota. La figura muestra la tabla de la adaptación del riesgo de los 5 indicadores con su peso. Adaptado de "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

Tabla 11

Valores porcentuales asignados a los puntajes de riesgo

		Valores porcentuales	
	Riesgo alto	16 - 25	64% - 100%
	Riesgo medio	10 - 15	40% - 60%
	Riesgo moderado	4 - 9	16% - 36%
	Riesgo leve	1 - 3	4% - 12%

Nota. La figura muestra la tabla donde se añaden los valores y los porcentajes de cada uno de los tipos de riesgo. Adaptado de "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

De esta forma se obtuvieron los multiplicadores basados en el puntaje de riesgo asignado el cual se utilizó para ponderar cada uno de los puntajes obtenidos en cada indicador para cada municipalidad, y nos permitió emplear la regla de Sturges para generar los estratos con base en el nivel de desempeño presentado en la gestión de RSM utilizando los cinco indicadores evaluados.

Además, se empleó una técnica estadística matemática para la creación de intervalos (estratos) que permitieron agrupar a las 43 municipalidades. La creación de estos intervalos utilizó la metodología de las tablas de intervalos mediante la regla de Sturges. Para este propósito, se aplicaron siguientes fórmulas:

$$(1) \qquad R = Xmax - Xmin$$

En donde:

R = Rango

Xmax = valor más alto

Xmin = valor más bajo

$$(2) \qquad K = 1 + 3.322 * Log(n)$$

En donde:

K = n° de intervalos

n = total de la muestra/población

$$(3) \qquad A = \frac{R}{K}$$

En donde:

A = amplitud

R = rango

K = intervalos

Objetivo específico 2: Determinar la relación entre el nivel de desempeño de la gestión de Residuos sólidos municipales y el cumplimiento municipal de requisitos de estándares de certificación ambiental.

Se aplicó benchmarking entre las normas ISO 14001 e ISO 59004 (Economía Circular), agrupando requisitos similares en conglomerados comparables para su incorporación en la matriz RAI (Revisión Ambiental Inicial). El llenado del RAI se basó en los lineamientos de las normas, asignando puntajes del 1 al 3 según el nivel de cumplimiento municipal (nulo, parcial o total).

Se evaluaron los requisitos de las certificaciones ISO 14001 y la ISO 59004 (Economía Circular) mediante análisis documental de casos e informes, identificando brechas entre lo solicitado por las normas y el contexto de cada estrato. Los objetivos previos, además de generar conocimiento y clasificaciones distritales sobre gestión de RR. SS. (aún inexistentes en el país), sirven como insumos para adaptar los requisitos normativos al contexto actual mediante un enfoque tipo "match" (*Anexo 9*). Luego, se integraron los requisitos agrupados en la matriz RAI generando un requisito general por cada par equivalente entre certificaciones. En las columnas se ubicaron los 15 municipios seleccionados como muestra. Se asignaron puntajes del 1 al 3 a cada municipio según el grado de cumplimiento de los requisitos normativos, comparando lo exigido por las certificaciones con lo declarado en sus planes de manejo de RR. SS. más recientes. Además, se ponderaron los requisitos según su complejidad: mayor peso (4) para los que implicaban más procedimientos y menor peso (1) para los más simples. Finalmente, se calculó un puntaje promedio por estrato (*anexo 11*).

Tabla 12

Indicadores para la asignación de pesos a los requisitos

Pesos	**Pesos**
Procedimientos menores o iguales a 2	x1
Procedimientos entre 3 y 4	x2
Procedimientos entre 5 a 6	x3
Procedimientos mayores a 6	x4

Nota. La figura muestra los indicadores empleados para la asignación del peso.

Tabla 13

Requisitos con pesos asignados

N°	REQUISITOS	PESO
1	Objetivo y alcance de aplicación	1
2	Identificación de referencias normativas y tendencias legales	1
3	Definición y construcción de hoja de trabajo	2
4	Planificación (analizar riesgos, oportunidades, objetivos ambientales, planificación de logros e identificación de oportunidades)	2
5	Contexto de la organización (evaluación de líneas estratégicas y de acción considerando los stakeholders, alcance y el sistema de gestión)	3
6	Documentación, comunicación (interna y externa) y recursos	4
7	Evaluación y operación de los procesos e impactos (respuesta ante emergencias)	4
8	Evaluación del desempeño	3
9	Mejora continua del sistema, procesos y productos	2

Nota. La figura muestra la tabla con los requisitos generados en el benchmarking con el peso que se le asignó a cada uno para generar un puntaje ponderado.

Se creó un municipio ficticio con puntajes máximos (66 para requisitos y 98 para desempeño del objetivo específico 1) como referencia de cumplimiento total. A partir de estos valores, se calcularon los porcentajes de cumplimiento y el nivel de desempeño de cada municipio.

$$.P_1 = \frac{Y}{Y_t} \dots \dots \dots \dots \dots \ (1)$$

$P_1 = Porcentaje\ de\ desempeño\ en\ base\ a\ requisitos\ de\ certificaciones\ ambientales$

$Y = Puntaje\ ponderado\ del\ cumplimiento\ de\ los\ requisitos$

$Y_t = Puntaje\ ponderado\ del\ municipio\ ficticio\ con\ cumplimiento\ al\ 100\%\ (66)$

$$P_2 = 1 - \frac{X}{X_t} \dots \dots \dots \dots \ (2)$$

$P_2 = Porcentaje\ de\ insuficiencia\ del\ servicio\ de\ recolección\ de\ RR.SS$

$X = Puntaje\ ponderado\ de\ la\ insuficiencia\ del\ servicio\ de\ recolección\ de\ RR.SS$

$X_t = Puntaje\ ponderado\ del\ municipio\ ficticio\ con\ servicio\ al\ 100\%\ (98).$

Con esto se generó una tabla que muestra los porcentajes tanto el nivel de desempeño del servicio como del cumplimiento de los requisitos de las certificaciones ambientales, así como los promedios correspondientes a cada estrato.

Adicionalmente para la prueba de hipótesis se empleó la metodología planteada por Iberico Bertta (2022) para hipótesis de tipo correlacional (variables correlacionales). En ese sentido, primero se realizó una prueba de normalidad en Minitab con el objetivo de determinar el método estadístico adecuado. De acuerdo con el resultado se optó por la prueba de hipótesis adecuada para las características obtenidas.

Con todo ello se halló el coeficiente de correlación de Pearson y con ambas variables (nivel de desempeño en la gestión de RSM y el cumplimiento de los requisitos de una norma de certificación ambiental) se generaron tablas y gráficos que demuestren el comportamiento y relación entre ambas variables.

Objetivo específico 3: Analizar, mediante la evaluación de tres escenarios prospectivos, la magnitud de los impactos ambientales y socioeconómicos proyectados ante la implementación de estándares de certificación en el desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

La información se recopiló a través de portales institucionales (INEI, SIGERSOL, SINIA, MINAM), investigaciones que respaldan los indicadores seleccionados, entrevistas semiestructuradas con funcionarios de dos municipalidades, análisis documental del Ministerio del Medio Ambiente de Chile y solicitudes de acceso a la información pública conforme a la Ley N° 27806.

En el caso de análisis de impactos ambientales, se utilizó el software SIMAPRO, en el que se evaluaron 18 tipos de impactos, centrándose específicamente en el calentamiento global. Por otro lado, para el análisis costo-beneficio (ACB), se inició con la valoración económica, utilizando la metodología de costos evitados. Esto permitió determinar los costos de generados por estas afectaciones y estimar ahorros.

En detalle, se obtuvo los datos de indicadores escogidos de la páginas web como SIGERSOL y documentos como el Plan Distrital de Manejo de RSM de cada una de las municipalidades. Con base a ello, se generó una primera tabla con datos de los habitantes

por cada municipio y un factor de 3.4 habitantes por vivienda para poder hallar el número de viviendas.

Tabla 14

Tabla de datos generales para los cálculos de los indicadores compuestos

Estrato	Municipalidades	Población	Viviendas
	Miraflores	113503	33383
A	La Molina	165020	48535
	San Isidro	70144	20631
	Pueblo Libre	97568	28696
B	Jesús María	84556	24869
	Barranco	36721	10800
	Chorrillos	367099	107970
C	Independencia	228121	67094
	VTM	453413	133357

Nota. La figura muestra los datos por municipalidad de cada estrato necesarios para el cálculo de los indicadores compuestos.

Añadido a estas tablas se necesitan otras en donde figuren los datos de los indicadores a evaluar, los cuales son la generación de RSM (días), el cual deberá ser multiplicado por 365 días para ser anual; los galones consumidos por el camión colector (l/año); RSI valorizados (kg/año); RSO valorizados (kg/año) y RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año). En el *Anexo 13* se cuenta con una tabla de uno de los municipios a modo de ejemplo. Además, cada indicador se encuentra analizado por vivienda utilizando el factor de 3,4 mencionado previamente.

Tabla 15

Tabla de datos de generación de RR. SS. por día en toneladas

Estrato	Municipalidades	Gen. X día (tn)
A	Miraflores	62.5
	La Molina	155
	San Isidro	72.15
B	Pueblo Libre	94.78
	Jesús María	111.04
	Barranco	24.66
C	Chorrillos	340.88
	Independencia	122.81
	VTM	459.89

Nota. La figura muestra los datos de la generación en toneladas por día de las 6 municipalidades seleccionados. Luego los valores serán transformados a kilogramos.

Con estos cuadros se elaboró el cuadro general en el que se muestran los valores de los indicadores compuestos por cada uno de los municipios que forman parte de la muestra por conveniencia. Para ello, los valores que se presentaron en días fueron multiplicados por 365, para que se encuentren en años. Luego, ese valor fue dividido entre el número de viviendas de cada distrito, con ello se obtuvo el valor del indicador compuesto (*Anexo 14*).

Para facilitar la lectura, se cambiaron las unidades de toneladas a kilogramos y de galones a litros. Asimismo, para el cálculo de las tases de reducción o crecimiento para cada uno de los tres escenarios a evaluar definió lo siguiente:

- Para el escenario BAU (Business As Usual) se calcularon tasas de aumento para la valorización de residuos orgánicos e inorgánicos, y tasas de reducción para la generación de RSM, usando datos de disposición en relleno sanitario de los años 2018, 2019, 2023 y 2024 extraídos del portal SIGERSOL. Los años 2020–2022 fueron excluidos por el impacto del confinamiento por COVID-19, pues se considera data atípica. Con esto se calcularon las tendencias (positivas o negativas) en cada uno de los criterios a evaluar.

- Para el escenario positivo: 5% en reducción de la generación de RR. SS. municipales, el cual fue extraído de una casuística de éxito en Chile en donde se aplicó un sistema de certificación ambiental municipal (MMA, 33% en reducción del combustible en un estudio que plantea el uso de software SGI para la

optimización de rutas de recojo y reducción del uso de combustible en camiones de carga pesada (Iberico Bertta, 2022), 1.82% (MMA, 2018) en aumento de los RSI valorizados, dato extraído de casuística de éxito en Chile, 7% (De la Fuente, 2023) en RSO valorizados y 16.60% en la reducción de residuos en relleno sanitario (Alianza Gaia, 2021); estos dos últimos siendo estudios en los que la implementación de herramientas de gestión sostenible de residuos o técnicas en el manejo distrital generaron reducciones significativas en las estadísticas de gestión de RR. SS..

- En el escenario moderado, los valores obtenidos en el caso positivo - derivados de artículos científicos y experiencias exitosas - fueron ajustados mediante una reducción del 50%. Esta decisión metodológica se fundamenta en la premisa de que, si en el escenario más favorable los impactos alcanzan el 100% de su capacidad potencial, el escenario moderado no busca replicar dicha magnitud, pero tampoco aproximarse al comportamiento tendencial del Business as Usual. En consecuencia, se establece que el caso moderado representa una disminución proporcional de la eficacia lograda en el escenario positivo, adoptando como criterio técnico una reducción a la mitad de los resultados alcanzados en dicho contexto.

Dentro de los criterios exógenos considerados para los tres escenarios se presentan: el marco normativo; contexto socioeconómico, factores socioculturales y de educación; contexto ambiental/territorial; y accesibilidad a la tecnología e información. Con base a los criterios mencionados se asumen los supuestos estructurales para cada escenario.

En el escenario Business Ass Usual:

1. Marco normativo: se cuentan con legislación eficiente para una correcta gestión de RR. SS. municipales.
2. Contexto socioeconómico: se cuenta con ingresos medios-bajos de la población, así como con una capacidad de pagos por servicios limitada e informalidad en etapas de reciclaje.
3. Factores socioculturales y educación: no se cuenta con una población concientizada en segregación, reducción de consumo, entre otros.

4. Contexto ambiental/territorial: no se cuenta con calles óptimas para el paso de los camiones colectores, los rellenos sanitarios se encuentran casi en su límite y no todos cuentan con terreno para expandirse, riesgos de contaminación altos.
5. Accesibilidad a la tecnología e información: no se cuenta con acceso a información y conocimiento en técnicas o tecnologías que aporten significativamente a una mejora en la GIRS. Falta de digitalización en procesos administrativos y operativos.

En el escenario positivo y moderado:

1. Marco normativo: se cuentan con legislación eficiente para una correcta gestión de RR. SS. municipales.
2. Contexto socioeconómico: se cuenta con ingresos medios-alto de la población, así como con una capacidad de pagos por servicios moderada y suficiente para los cobros, y tasas de baja informalidad en etapas de reciclaje.
3. Factores socioculturales y educación: se cuenta con una población concientizada en segregación, reducción de consumo, entre otros. Asimismo, se cuenta con campañas educativas a personas y en instituciones educativas (participación ciudadana).
4. Contexto ambiental/territorial: se cuenta con calles óptimas en su mayoría para el paso de los camiones colectores, los rellenos sanitarios presentan capacidad para albergar residuos y, en su mayoría, se cuenta con terreno para expandirse, riesgos de contaminación bajos.
5. Accesibilidad a la tecnología e información: se cuenta con acceso a información y conocimiento en técnicas o tecnologías que aporten significativamente a una mejora en la GIRS. La digitalización en procesos administrativos y operativos se encuentra en fase de implementación.

Si bien el escenario positivo y moderado cuentan con los mismos supuestos, el moderado se vería afectado y diferenciado debido a falencias en la etapa de ejecución (operativa), lo cual marcaría la diferencia en los resultados que se obtendrán de los indicadores.

En cuanto a la sensibilidad de cada modelo se define lo siguiente:

- Positivo: Altamente sensible a la estabilidad normativa, financiamiento sostenido y participación ciudadana. Requiere un entorno político favorable y acceso a tecnología.
- Moderado: Sensible a variaciones socioeconómicas y culturales; puede sostenerse con apoyo parcial de políticas y recursos, pero vulnerable a retrocesos normativos.
- Business As Usual (BAU): Menos sensible a factores positivos, pero muy vulnerable a crisis externas (económicas, sociales o ambientales) que agraven las tendencias actuales.

Con lo definido se obtendrían inputs los cuales serán empleados para el hallazgo de impactos ambientales.

Análisis de Ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida de la gestión de RR. SS. se justifica por la falta información cuantitativa que existe actualmente sobre los impactos ambientales que generan en el Perú. Se decidió realizar la comparación un análisis a las últimas dos etapas de este proceso por separado (transporte y disposición final), debido a que el ACV se realiza con base en la unidad funcional, y en el caso de esta investigación cada proceso a evaluar cuenta con una unidad funcional distinta. Además, al analizar por separado nos permite una comparativa con otros estudios y conclusiones más detalladas y específicas a cada uno de los procesos dentro del alcance.

Para ello, recopiló información de criterios de GIRS de fuentes como el SINIA, SIGERSOL considerando el impacto de estas en la sociedad. Luego de ello, como se explicó previamente, se modelaron 3 escenarios donde en un horizonte de 5 años, los resultados obtenidos de cada indicador fueron contrastado con las categorías de análisis de la herramienta Simapro.

Para el análisis de impactos se buscaron categorías en SimaPro que encajaran con los indicadores empleados (generación de RSM (kg/año) por vivienda, galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda, residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda y RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda). Dentro de las que se encontraron están: Inert Waste [Rest of the World] treatment of sanitary landfill

para el indicador de RR. SS. dispuestos en relleno sanitario; y Transport Freight lorry 16-32 metric ton [Rest of the World] para el caso de los galones consumidos por camión colector.

La categorización se realizó considerando la correspondencia directa entre los indicadores y las opciones disponibles. El primer indicador se relacionó con el tratamiento adecuado de residuos no peligrosos en relleno sanitario. El segundo, vinculado a la contaminación por vehículos de 16 a 32 toneladas (camiones recolectores), requirió convertir galones consumidos a kilómetros (43 km/galón) para ajustarse a la categoría. Los demás indicadores no presentaron equivalencias claras, por lo que fueron excluidos del análisis de impacto ambiental. Asimismo, las categorías restantes utilizadas en la proyección de 5 años no fueron incluidos en este análisis pues lo que se busca es una aproximación lo más cercana del indicador hacia el proceso existente en Simapro.

Además, los indicadores de valorización de RSO y RSI tienen un diferencial entre el año inicial y final poco significativo; con lo cual se considera que limitarlo del análisis lo logra modificar significativamente el resultado final.

Finalmente, para realizar el análisis de ciclo de vida, los inputs fueron ingresados al programa Sima Pro con el método ReCiPe 2016 Midpoint (H) con la base de datos APOS porque ofrece un marco armonizado y actualizado para evaluar impactos ambientales en categorías intermedias (midpoints), priorizando la relevancia científica; asimismo, APOS garantiza coherencia en la asignación de procesos y subproductos, lo que mejora la consistencia de los resultados. Además, se emplea una jerarquía igualitaria en la que todos los criterios e impactos son evaluados con el mismo peso con lo cual se busca conseguir una visión lo más transparente y equilibrada posible de los resultados.

1. Objetivo

El objetivo del ACV es medir la magnitud de los impactos asociados a la gestión de RSM en dos etapas de su ciclo: transporte y disposición final de RSM de manera separada, para lo cual se utilizará un alcance general en donde ambas partes del proceso consideradas en el alcance serán evaluadas individualmente para efectos de una mejor evaluación y comparación posterior de los impactos generados por ambas partes del alcance a evaluar.

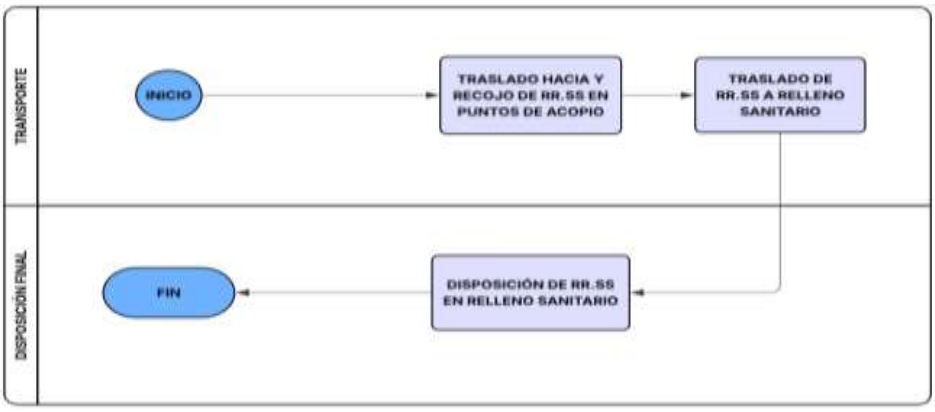
2. Alcance

Se presenta un alcance “gate to crave”, en donde se incluyen las etapas de transporte y disposición final de los RR. SS. municipales. En adición, no se consideró asumir datos de otras etapas del proceso, ya que la recopilación de estas no presentaba datos estadísticos fiables y la recolección en campo tomaría más tiempo del deseado para el desarrollo de la presente investigación. Es por ello por lo que etapas como, generación de RR. SS., segregación, construcción de infraestructura de GIRS, entre otros; no se consideró en el alcance del ACV. La principal unidad de medida que se tomará en cuenta para las comparaciones de los valores obtenidos en otros estudios es el kilogramo; por ello, la unidad funcional es de 1 Kg de RSM para los RR. SS. dispuestos en relleno sanitario y 1 kilómetro recorrido en el transporte de RR. SS. del punto de recojo al relleno sanitario.

3. Proceso

El flujograma comprende las etapas de transporte y disposición en relleno sanitario de RR. SS. municipales. Lo cual presenta tres procesos; el primero en el cual el camión colector se dirige en su ruta hacia todos los puntos de acopio temporal que le corresponde y luego de haber recogido todos o haber llenado su capacidad se dispone a llevarlos al relleno sanitario en donde dispone de ellos. No se consideran dentro del alcance del proceso técnicas de tratamiento dentro del relleno sanitario (valorización, incineración, entre otros).

Figura 8
Flujograma del proceso



Nota. El gráfico muestra el proceso del transporte y disposición final evaluado en el análisis de ciclo de vida.

4. Inventario

Con respecto al inventario, se empleó el otorgado predeterminadamente por Simapro, Ecoinvent 3: “Inert Waste [Rest of the World] treatment of sanitary landfill | APOS S” &

“Transport Freight lorry 16-32 metric ton [Rest of the World] | APOS S” como fuente secundaria de información, ya que no se encontraron inventarios actualizados y con la información suficiente para el desarrollo del inventario. Asimismo, se adjuntan en el *Anexo 29* los cuadros de inventario de entradas.

Análisis Costo-Beneficio

Para el ACB se empleó el Método de Costos Evitados, el cual cuantifica los beneficios que traería consigo la aplicación de la propuesta de solución. Se utilizó como indicador principal el consumo de galones de combustibles fósiles de los camiones recolectores pues genera contaminantes que repercuten en la salud y calidad de vida de las personas. Se empleó el escenario BAU, el cual se define como aquel en el que la certificación no fue aplicada y no se genera un impacto positivo, es decir, el número de enfermedades cardiovasculares y respiratorias sigue aumentando según su tasa de incidencia anual.

Para ello se emplearon datos de clínicas en cuanto a costos de consultas, exámenes, medicamentos, transporte para llegar a los centros de salud y los datos de enfermedades generadas a través de los años. Con ello se pudo determinar cuál es la tendencia actual de aumento de enfermedades. Además, se consideró dentro de los costos de la certificación todo aquello recurso humano, administrativo o de infraestructura necesario, así como el curso de la certificación el cual se detalla a continuación.

Tabla 16
Costos de implementar certificaciones ambientales (ISO)

Concepto	ISO 14001	ISO 59004
Costo de la consultoría inicial	$ 1300-12000	$ 500-3000
Costo de la certificación (auditoría)	$ 3000-5000	$ 800-2000
Capacitación del personal	$ 400-2000	$ 200-800
Costos adicionales de implementación	$ 600-2500	$ 300-1000
Mantenimiento anual (auditorías de seguimiento)	$ 1000-2500	$ 400-1200
Costo total estimado (primer año)	$ 6300-24000	$ 2200-8000

Nota. Costos estimados para organizaciones municipales de tamaño mediano para la ISO 14001. Elaborado a partir de Change Management Hub (2025) y Johnstone (2026).

El valor de la tasa de descuento utilizada para el proyecto ambiental de beneficio social fue de 8%. Además, el horizonte financiero es de 5 años, este se justifica por lo siguiente:

1. El analizar en un horizonte de 5 años nos permite tener un valor de tiempo intermedio entre 1 año y 10 años, lo cual le otorga un equilibrio reduciendo la incertidumbre de un horizonte de mayor tiempo y, a su vez, permitiendo visualizar beneficios de inversiones con madurez lenta, como lo es el ACB presentado (Finacoteca, 2020).
2. El tiempo escogido se adecua perfectamente al tiempo de inversión típico con el que se trabaja en los municipios y gobiernos, esto facilita el análisis en la planificación que se realiza (Ministerio de Economía y Finanzas, [MEF], 2024).

Con respecto a los riesgos financieros del modelo se contemplan los siguientes:

1. Riesgos macroeconómicos como la inflación y el aumento de tipo de cambio, lo que puede elevar los costos operativos y afectar la compra de productos en venta con moneda extranjera.
2. Riesgo de mercado, como la falta de demanda de los municipios frente a la propuesta, ya que al ser una certificación voluntaria y no obligatoria, los municipios son libres de escoger si desean certificarse o no.

3. Riesgos sociales o políticos, cambios de norma o leyes que dificulten las operaciones y beneficios de la certificación (salud privada gratuita para la población, entre otros) y conflictos sociales por pérdida de confianza de la población en la capacidad operativa de los municipios.
4. Pandemias o confinamiento, el modelo al presentar una reducción masiva de residuos y, por consecuente, tener efectos secundarios reducidos, pierde su impacto positivo sobre la sociedad.
5. Riesgos de proyección financiera, el tener márgenes de costos y operatividad demasiado optimistas y la falta del análisis de escenarios adversos.

4 Resultados

Objetivo específico 1: Determinar el nivel del desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

Con base en lo explicado en el capítulo metodológico se obtuvieron las gráficas de clasificación para cada uno de los indicadores planteados. Esto después de realizar su clasificación de los estratos bajo el apoyo de la regla de Sturges para cada uno de los indicadores.

Figura 9

Nivel de desempeño en la cobertura de RR. SS. dispuestos adecuadamente en infraestructura de disposición final



Nota. El gráfico muestra los porcentajes del nivel de desempeño para cada estrato.

El gráfico fue generado en base al puntaje obtenido para el primer indicador, este evalúa los RSM dispuestos en relleno sanitario, es decir, el nivel de desempeño de la cobertura de cada municipalidad en su área geopolítica. En base a los puntajes y los cálculos generados para cada intervalo mediante la regla de Sturges se generaron cuadros de cada indicador.

Figura 10

Nivel de desempeño en RR. SS. inorgánicos valorizados del total valorizable



Nota. El gráfico muestra los porcentajes del nivel de desempeño para cada estrato.

Figura 11

Nivel de desempeño en RR. SS. orgánicos valorizables del total valorizable



Nota. El gráfico muestra los porcentajes del nivel de desempeño para cada estrato.

Figura 12

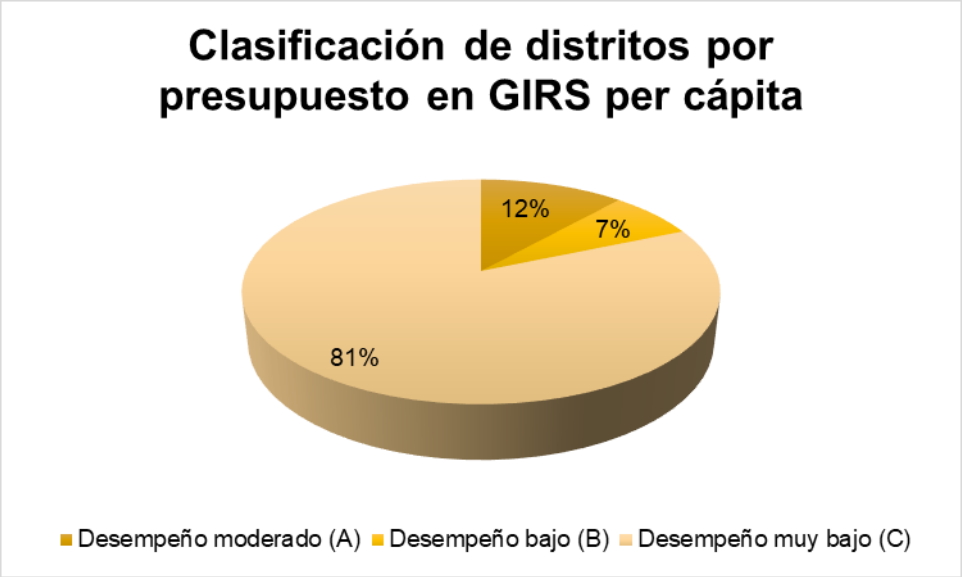
Nivel de desempeño en cobertura de los arbitrios en limpieza pública per cápita en base al presupuesto para la GIRS per cápita



Nota. El gráfico muestra los porcentajes del nivel de desempeño para cada estrato.

Figura 13

Nivel de desempeño en presupuesto para la GIRS per cápita



Nota. El gráfico muestra los porcentajes del nivel de desempeño para cada estrato.

Después de hallar los valores de cada municipio para cada indicador, se procedió a desarrollar la metodología del MINAM para hallar el riesgo, el cual nos permitió darle un

peso a cada indicador en base al riesgo asociado a las consecuencias que podían ocurrir. Con ello, se obtuvo el riesgo (en porcentaje) de cada indicador y el riesgo promedio.

Tabla 17
Porcentajes de nivel de riesgo

	Porcentajes
E1	48%
E2	24%
E3	24%
E4	48%
E5	64%
Promedio	**42%**

Nota. La figura muestra la tabla con el porcentaje de riesgo que representa cada indicador y el porcentaje promedio de los 5 indicadores.

Luego de este paso se pasó a otorgar los pesos a cada uno de los valores obtenidos anteriormente en los cinco indicadores para al final sumarlos y tener un valor final con pesos otorgados. Con ello se procedió a realizar nuevamente una tabla de intervalos, tabla de datos y tabla de clasificación en estrato A, B y C. Con ello se pudo determinar cuáles eran los distritos que entraban en cada estrato, lo cual es el resultado de este objetivo.

Tabla 18
Tabla de intervalos en base a los puntajes finales

Puntaje	**Tabla de intervalos**		**Datos presentes por intervalo**
1	31	38	7
2	38	45	5
3	45	52	10
4	52	59	7
5	59	66	9
6	66	73	4
7	73	80	1

Nota. La figura muestra la tabla de intervalos de manera global con los pesos asignados.

Tabla 19

Clasificación de los distritos por nivel en el desempeño en la gestión de RR. SS.

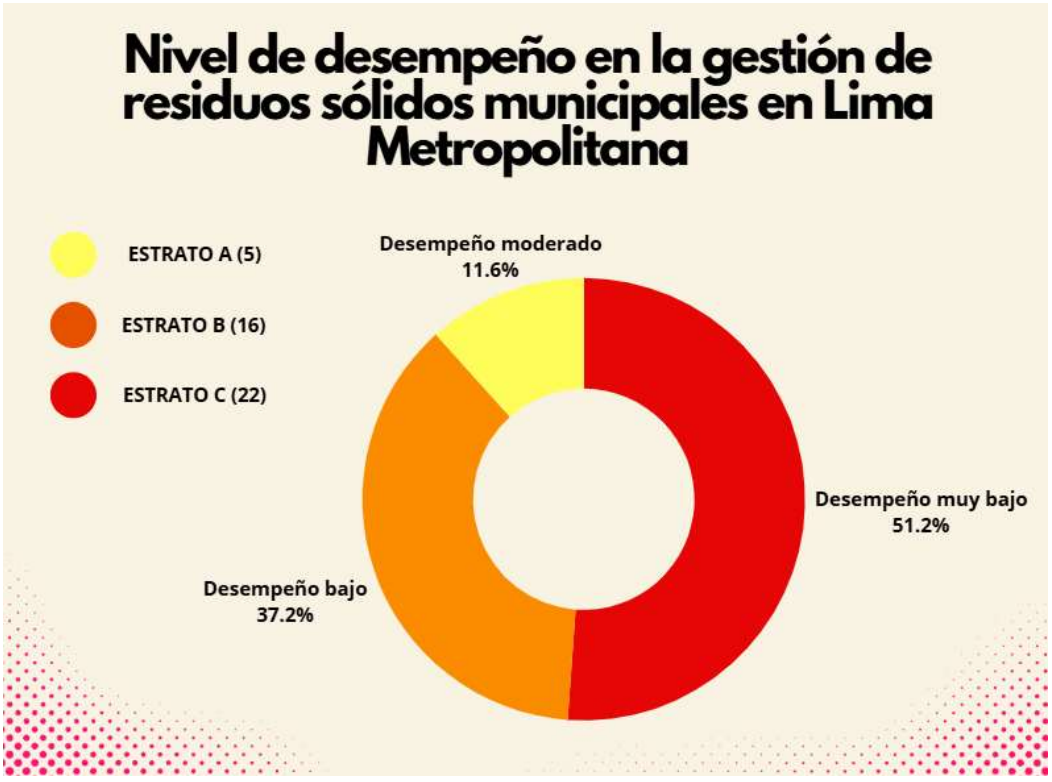
	Clasificación
Desempeño muy bajo (C)	22
Desempeño bajo (B)	16
Desempeño moderado (A)	5

Nota. La figura muestra la tabla con la cantidad de distritos pertenecientes a cada clasificación en base a los 5 indicadores.

Con esta clasificación final se procedió a elaborar el gráfico de clasificación final de los municipios, los cuales indican el nivel de desempeño que presentan en la gestión de RR. SS.

Figura 14

Nivel de desempeño en la gestión de RR. SS.

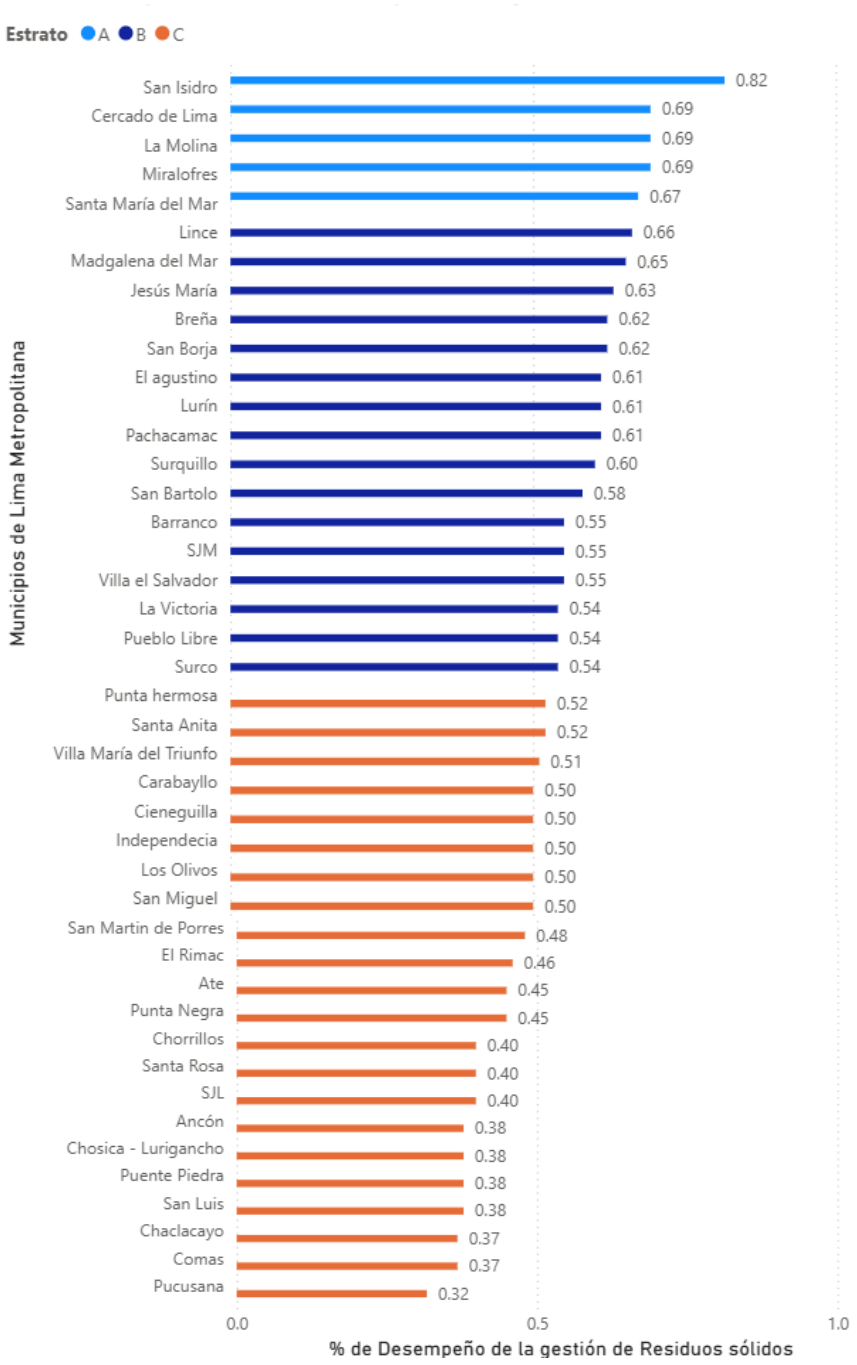


Nota. La figura muestra la tabla con la cantidad de distritos pertenecientes a cada clasificación en base a los 5 indicadores.

A modo de conglomerado con la información obtenida de todos los distritos en los 3 estratos generados se presenta un gráfico el cual contiene la información descrita.

Figura 15

Clasificación de municipios por estratos del desempeño de la gestión de RR. SS.



Nota. La figura muestra los porcentajes de nivel de desempeño por municipalidad.

Adicionalmente se determinó el nivel de desempeño promedio de los municipios de Lima Metropolitana. Para ello, se calculó un promedio ponderado por estrato, considerando el nivel de desempeño de cada grupo (A, B y C) y el número de municipalidades que conforman cada estrato. El cálculo se realizó multiplicando el porcentaje de desempeño de cada estrato por la cantidad de municipalidades correspondientes, sumando estos productos y dividiendo el resultado entre el total de municipalidades evaluadas (n=43). El valor obtenido a nivel promedio de las municipalidades de Lima Metropolitana es 52.80%.

Tabla 20
Desempeño promedio por estrato

Estrato	Desempeño medio
Estrato A	71.43%
Estrato B	59.31%
Estrato C	43.83%

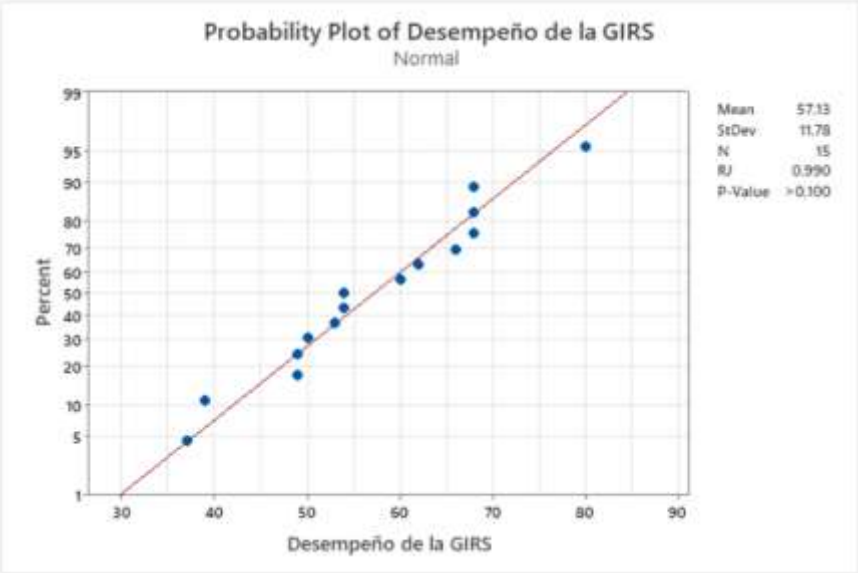
Nota. La figura muestra el porcentaje de nivel de desempeño de los estratos generados.

Objetivo específico 2: Determinar la relación entre el nivel de desempeño de la gestión de Residuos sólidos municipales y el cumplimiento municipal de requisitos de estándares de certificación ambiental.

En el objetivo específico 2 se planteó la hipótesis específica "Existe relación significativa entre el nivel de desempeño de la gestión de RR. SS. y el cumplimiento de requisitos de certificación ambiental". Para ello se desarrolló primero la prueba de normalidad, el cual era un requisito para poder desarrollar la hipótesis. Las variables son el nivel de desempeño en la gestión de RSM (X) y el cumplimiento municipal de requisitos de estándares de certificación ambiental (Y). Los datos a modo de resumen de la prueba de normalidad se encuentran en el *Anexo 10*.

En este caso al tener una muestra menor a 50, se emplea la prueba de normalidad de Shapiro Wilks. Para ello se emplea el software Minitab para realizar el cálculo de este valor y de todos los parámetros estadísticos a desarrollar.

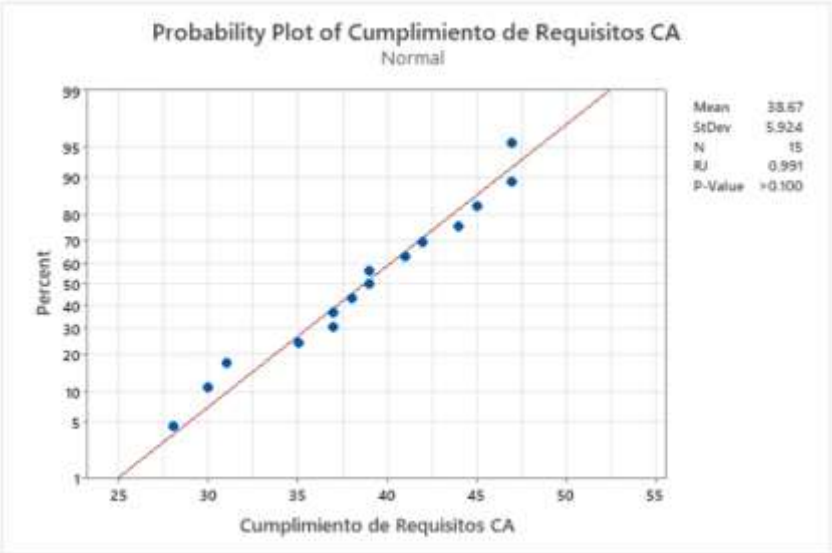
Figura 16
Prueba de normalidad para X



Nota. La figura muestra la gráfica de normalidad de las variable X.

Mediante esta prueba se determinó si las variables seguían una distribución normal, medida la cual es uno de los requisitos a cumplir desarrollar una prueba de hipótesis de Pearson. Al obtener como resultado un valor de p > a la significancia de 0.05 se aprueba H0, es decir, la hipótesis nula y, por ello, una distribución normal, con lo cual pasamos a analizar el siguiente requisito previo.

Figura 17
Gráfica de normalidad para Y



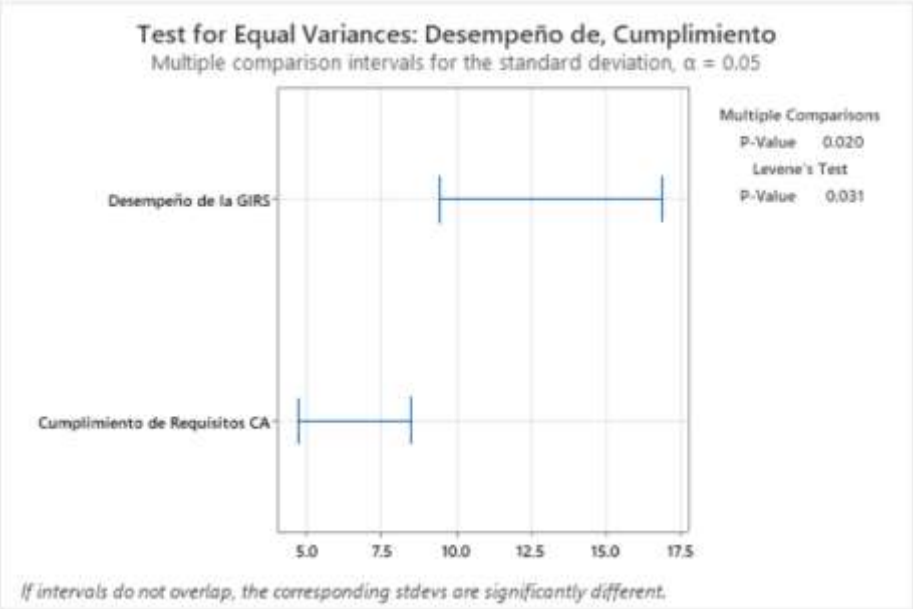
Nota. La figura muestra la gráfica de normalidad de la variable Y.

Después, se realizó la prueba de homocedasticidad para cada muestra por separado, ya que no se cuenta con un factor para ellas. Con ello se aplicó ANOVA y prueba de igualdad de varianzas seleccionando la opción “los datos de respuesta están en una columna separada para cada nivel de factor”. Para esta prueba de debe considerar que lo siguiente:

- H0: Las varianzas de las muestras son iguales (homocedasticidad).
- H1: Las varianzas de las muestras no son iguales (homocedasticidad).

Al obtener un valor de “P” mayor a la significancia (0.05) se valida la hipótesis nula con lo cual se confirma estadísticamente la igualdad de la varianza de las muestras.

Figura 18
Gráfica de Prueba de igualdad de varianzas



Nota. La figura muestra la prueba de igualdad para las varianzas.

El tercer requisito para realizar la prueba de hipótesis de Pearson es evaluar la linealidad. Para realizar una prueba de linealidad se necesitan valores de referencia los cuales no se presentan en las muestras evaluadas; por ello, para evaluar la linealidad de estos grupos de datos se realizará una regresión lineal simple en la que para cumplir el requisito el resultado de “R” ajustado debe ser 100% y la pendiente debe tener un valor de 1, caso contrario no estaría cumpliendo con el último requisito.

Figura 19
Prueba de linealidad

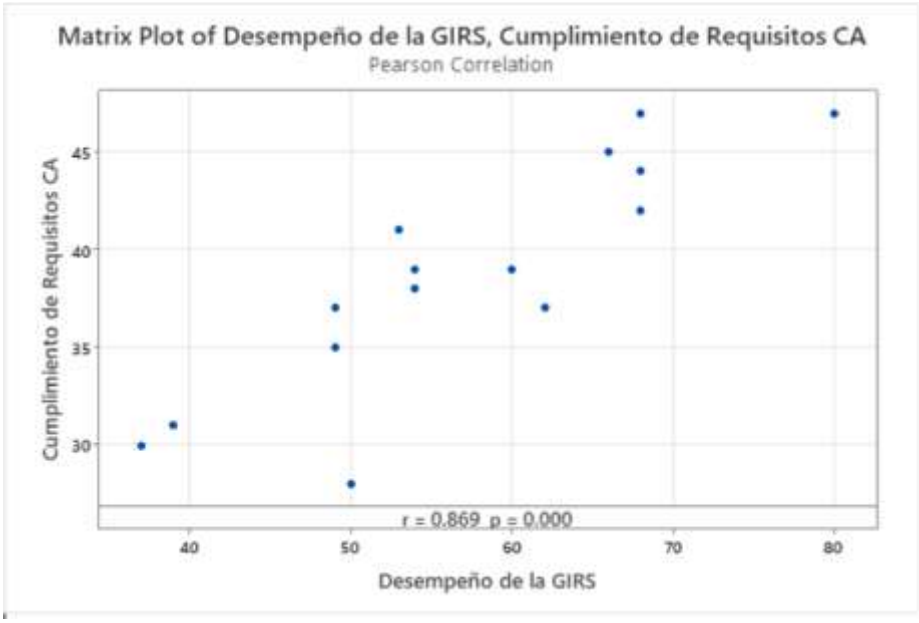
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.04340	75.49%	73.61%	69.56%

Nota. La figura muestra el valor del R ajustado".

Con el resultado se puede afirmar que los datos no cumplen con el requisito de linealidad, con lo cual se aplicaría la prueba de hipótesis de Spearman para determinar si existe correlación entre los datos de ambas muestras.

Figura 20
Prueba de hipótesis de Spearman



Nota. La gráfica muestra la prueba de hipótesis de Spearman para las variables X e Y.

En estos resultados, la correlación de Spearman entre el desempeño de la gestión de RR. SS. y el cumplimiento de requisitos de certificación ambiental es de 0.869, lo que indica que existe una relación positiva entre las variables y el valor de p es 0.000, lo que indica que la relación es estadísticamente significativa en el nivel de $\alpha = 0.05$. Con este valor P menor a 0.05 de significancia de rechaza la H0 "la correlación no es estadísticamente significativa".

Además, obtuvo el porcentaje por distrito de cada estrato del cumplimiento de requisitos de certificación ambiental. Este resultado fue empleado luego para hacer el cruce con las variables del objetivo anterior y hallar la relación entre ambas.

Tabla 21

Tabla de porcentajes de cumplimiento de los requisitos por estrato

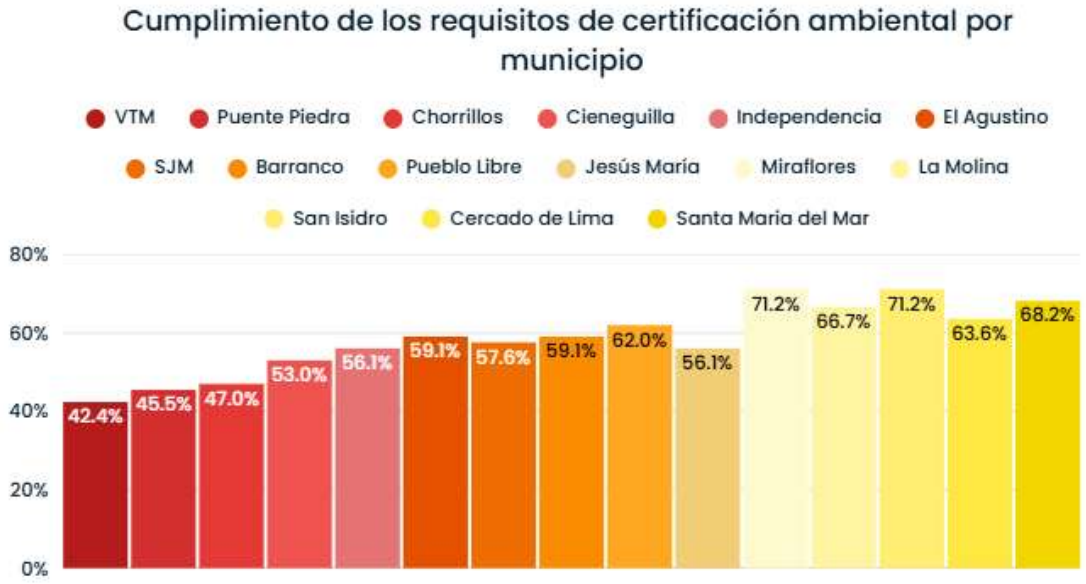
Estratos	Porcentajes
Estrato C	48.79%
Estrato B	58.79%
Estrato A	68.18%

Nota. La figura muestra la tabla con porcentajes de ambos indicadores mencionados por estrato.

Considerando estos resultados obtenemos 58.59% como el promedio del cumplimiento de los requisitos de las certificaciones ambientales de los tres estratos. Después de ello, se procedió a representar gráficamente los resultados obtenidos.

Figura 21

Cumplimiento de los requisitos de certificación ambiental por municipio



Nota. La figura muestra un gráfico de barras con los porcentajes de cumplimientos de los requisitos de certificaciones ambientales.

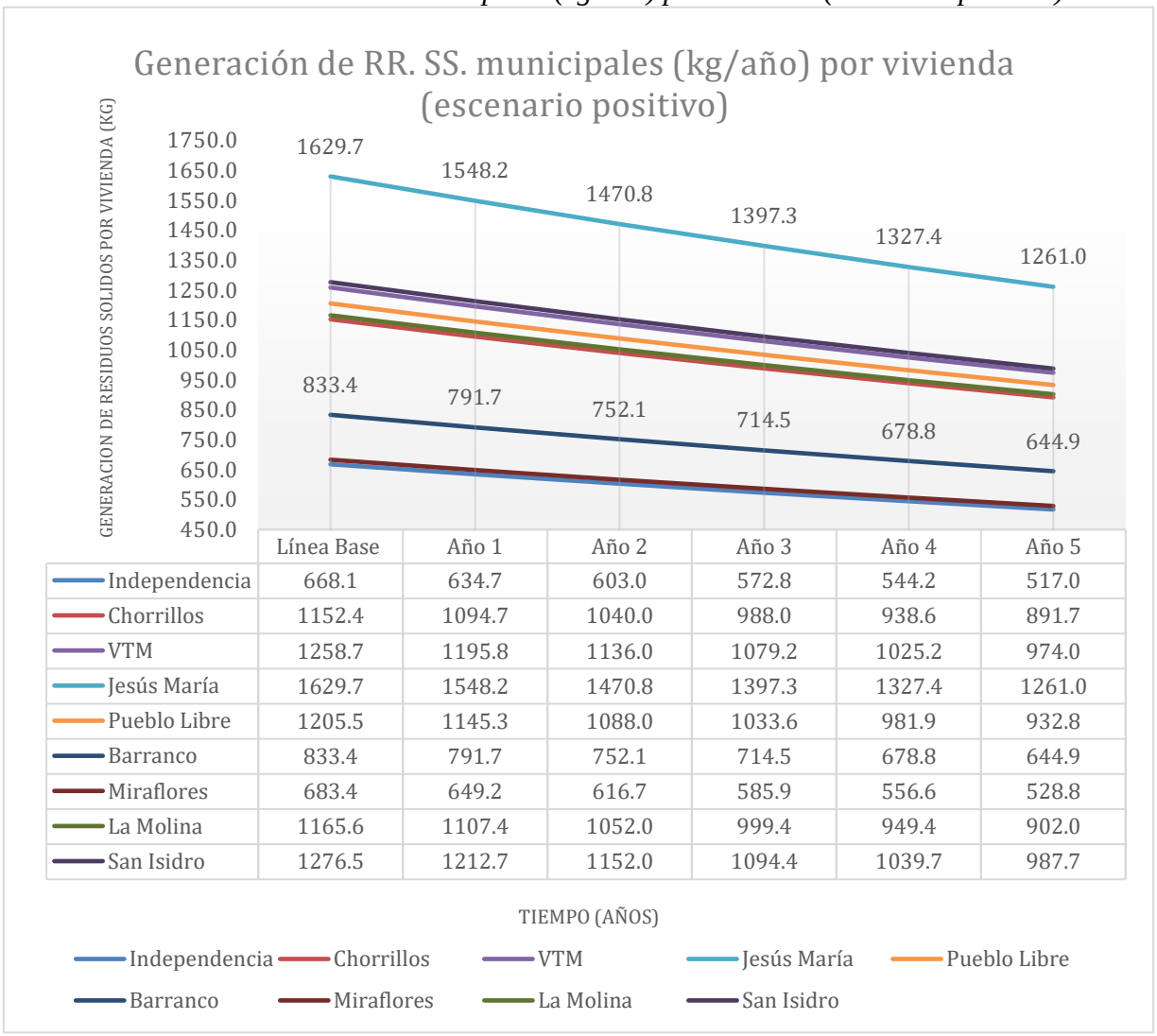
Objetivo específico 3: Analizar, mediante la evaluación de tres escenarios prospectivos, la magnitud de los impactos ambientales y socioeconómicos proyectados ante la implementación de estándares de certificación en el desempeño de la gestión de RR. SS. de las municipalidades de Lima Metropolitana.

Para el objetivo específico 3, se debe recordar que los indicadores escogidos se trabajan de forma compuesta, es decir, por vivienda. Además, en el caso de los escenarios de valorización se está considerando a la valorización como actividad la cual puede aumentar su margen de acción en base a los indicadores extraídos de casuísticas de sustento o reducirlo por continuar tendencias que reducen sus porcentajes de valorización.

Las premisas para cada escenario son las siguientes: en el caso del escenario positivo se han obtenido indicadores de casos de éxito de otros países y de artículos científicos afines a la investigación. Para el caso moderado, los valores obtenidos para el caso positivo han sido reducidos en un 50% para mostrar los beneficios, pero no en su capacidad total. En el caso BAU se muestran tasas que fueron halladas mediante el análisis a los datos de años anteriores generando tasas de reducción o aumento en base a la tendencia de los datos.

Figura 22

Generación de Residuos sólidos municipales (kg/año) por vivienda (escenario positivo)



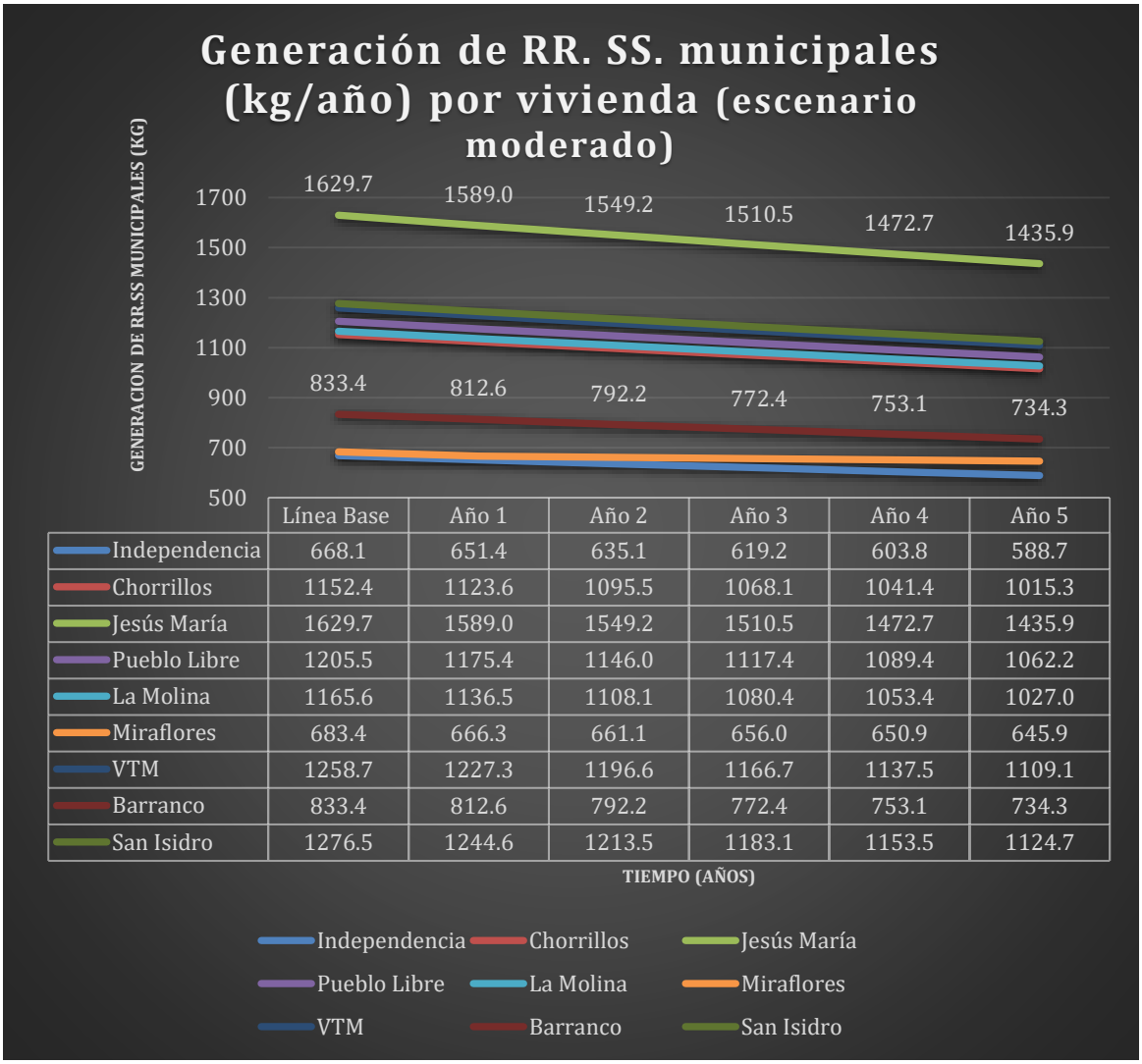
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	668.1	634.7	603.0	572.8	544.2	517.0
Chorrillos	1152.4	1094.7	1040.0	988.0	938.6	891.7
VTM	1258.7	1195.8	1136.0	1079.2	1025.2	974.0
Jesús María	1629.7	1548.2	1470.8	1397.3	1327.4	1261.0
Pueblo Libre	1205.5	1145.3	1088.0	1033.6	981.9	932.8
Barranco	833.4	791.7	752.1	714.5	678.8	644.9
Miraflores	683.4	649.2	616.7	585.9	556.6	528.8
La Molina	1165.6	1107.4	1052.0	999.4	949.4	902.0
San Isidro	1276.5	1212.7	1152.0	1094.4	1039.7	987.7

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del primer indicador.

En el escenario positivo se puede evidenciar una disminución considerable para todos los distritos siendo el más beneficiado el distrito de Jesús María el cual presento una disminución de 370 kg de RSM aproximadamente para un lapso de 5 años.

Figura 23

Generación de Residuos sólidos municipales (kg/año) por vivienda (escenario moderado)



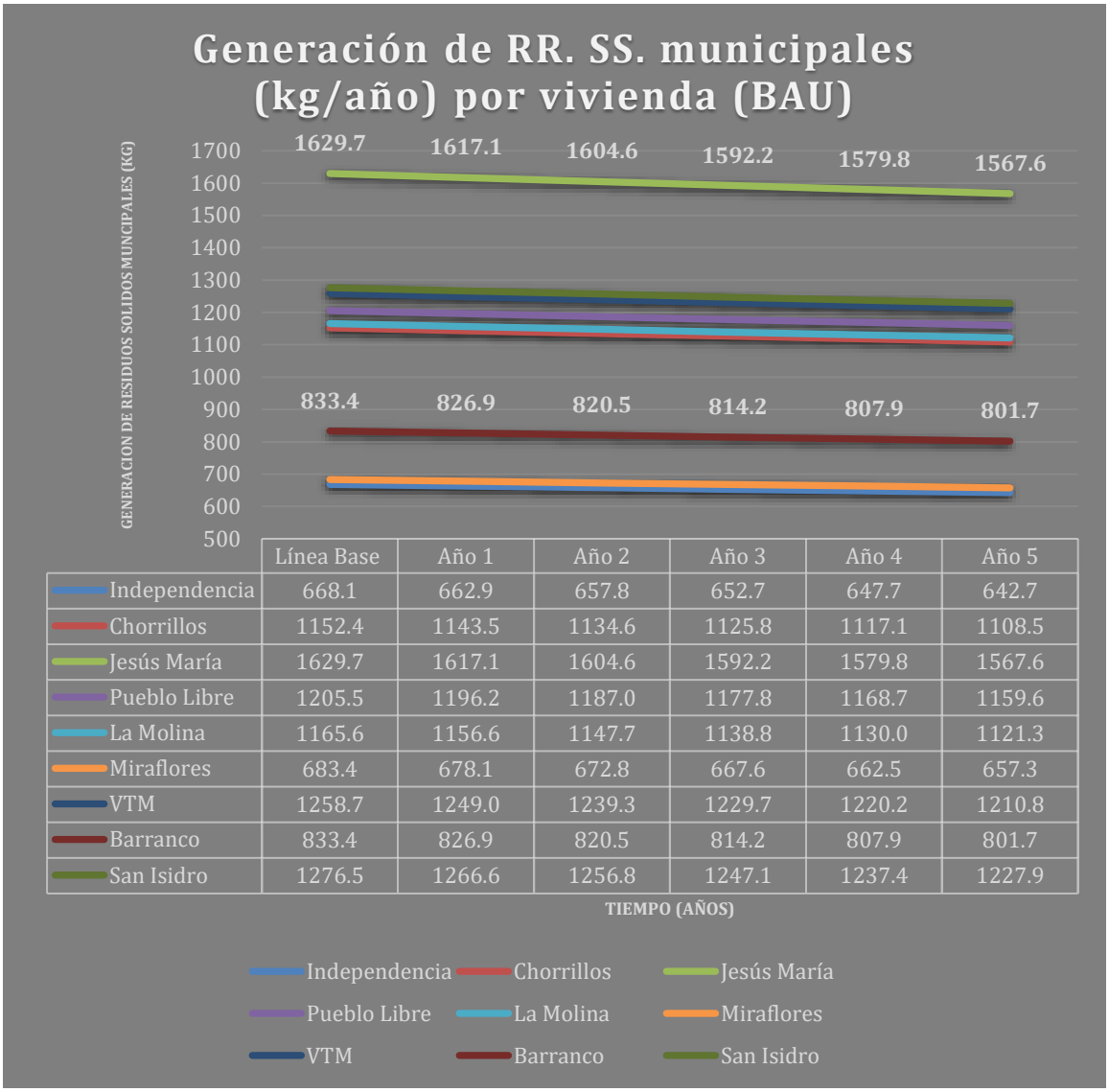
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	668.1	651.4	635.1	619.2	603.8	588.7
Chorrillos	1152.4	1123.6	1095.5	1068.1	1041.4	1015.3
Jesús María	1629.7	1589.0	1549.2	1510.5	1472.7	1435.9
Pueblo Libre	1205.5	1175.4	1146.0	1117.4	1089.4	1062.2
La Molina	1165.6	1136.5	1108.1	1080.4	1053.4	1027.0
Miraflores	683.4	666.3	661.1	656.0	650.9	645.9
VTM	1258.7	1227.3	1196.6	1166.7	1137.5	1109.1
Barranco	833.4	812.6	792.2	772.4	753.1	734.3
San Isidro	1276.5	1244.6	1213.5	1183.1	1153.5	1124.7

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del primer indicador.

En el caso del escenario moderado se evidencia que el distrito más beneficiado en cuanto a la reducción de RSM generados es el distrito de Jesús María, con aproximadamente 190 kg reducidos, ningún municipio pudo superar el umbral de 200 kg de reducción de RSM. Además, en la mayoría de los distritos se redujo anualmente en promedio entre 15 y 20 kg.

Figura 24

Generación de Residuos sólidos municipales (kg/año) por vivienda (escenario BAU)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	668.1	662.9	657.8	652.7	647.7	642.7
Chorrillos	1152.4	1143.5	1134.6	1125.8	1117.1	1108.5
Jesús María	1629.7	1617.1	1604.6	1592.2	1579.8	1567.6
Pueblo Libre	1205.5	1196.2	1187.0	1177.8	1168.7	1159.6
La Molina	1165.6	1156.6	1147.7	1138.8	1130.0	1121.3
Miraflores	683.4	678.1	672.8	667.6	662.5	657.3
VTM	1258.7	1249.0	1239.3	1229.7	1220.2	1210.8
Barranco	833.4	826.9	820.5	814.2	807.9	801.7
San Isidro	1276.5	1266.6	1256.8	1247.1	1237.4	1227.9

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del primer indicador.

En el caso BAU (business as usual) se evidencio una gran diferencia en contraste con los dos escenarios presentados previamente. En primer lugar, el distrito con una reducción mayor fue Jesús María, con una reducción de 62 kg aproximadamente, siendo una constante en los tres escenarios. Además, el umbral máximo de reducción en general fue menor de 70 kg para todos los distritos evaluados. Lo cual dista en una cantidad de 100 kg aproximadamente con el caso moderado y en más de 200 kg de RSM aproximadamente con el caso positivo.

Estos escenarios son similares para cada uno de los indicadores, es decir, los distritos con mayores valores absolutos son los que representan mayor reducción. Además, todos los

escenarios positivos y moderados resultan ser más favorables que los escenarios BAU en mayor o menor cantidad. Las gráficas de cada uno de los indicadores se pueden encontrar en el *Anexo del 15 al 26.*

Figura 25

Tabla de análisis de impacto de los RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda

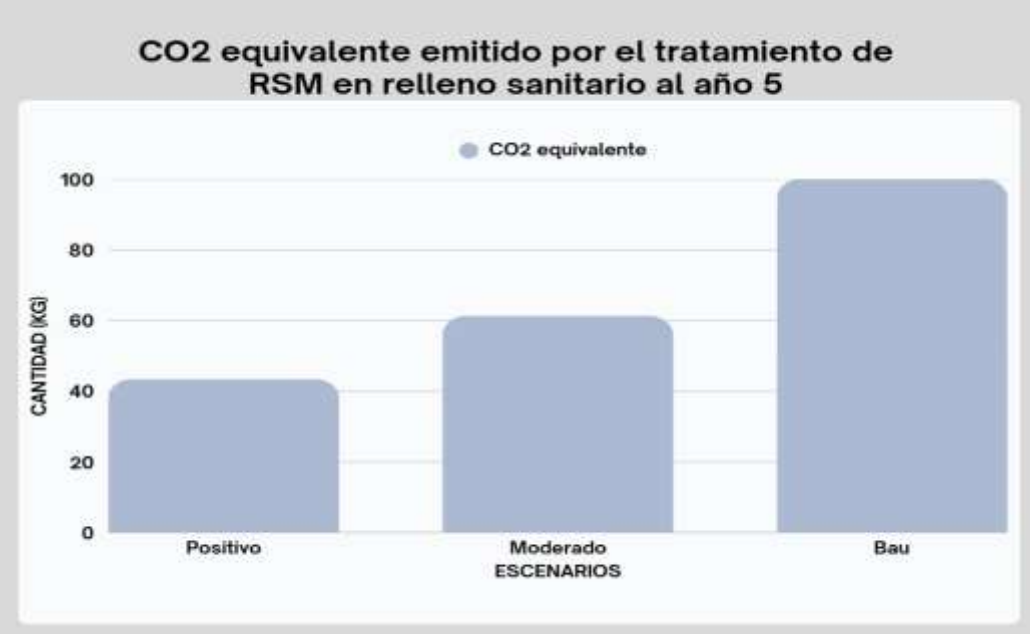
Se	Categoría de impacto	Unidad	Inert waste / {RoW}|	Inert waste {RoW}| treatment	Inert waste {RoW}| treatment
☑	Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	2.67E-5	3.77E-5	6.15E-5
☑	Marine eutrophication	kg N eq	0.000874	0.00123	0.00201
☑	Freshwater eutrophication	kg P eq	0.025	0.0354	0.0577
☑	Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	0.102	0.144	0.235
☑	Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.144	0.204	0.332
☑	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0.214	0.302	0.493
☑	Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0.33	0.466	0.759
☑	Ozone formation, Terrestrial ecos	kg NOx eq	0.336	0.475	0.775
☑	Water consumption	m3	1.08	1.53	2.49
☑	Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	1.52	2.14	3.49
☑	Land use	m2a crop eq	4.87	6.88	11.2
☑	Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	12.7	17.9	29.2
☑	Fossil resource scarcity	kg oil eq	23.1	32.7	53.2
☑	Global warming	kg CO2 eq	43.4	61.3	100
☑	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	70.2	99.2	162
☑	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	98.3	139	226
☑	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	147	207	338
☑	Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	3.58E3	5.06E3	8.24E3

Nota. La tabla indica los valores obtenidos y comparados en cada una de las 19 categorías de análisis de impacto entre el escenario positivo, moderado y BAU respectivamente.

Dentro de los valores obtenidos para la categoría Inert Waste treatment of sanitary landfill se puede observar una reducción del impacto de global warming aproximadamente del 57%, pues pasó de un valor de 100 $kg\ CO_2\ eq$ a uno de *43,4* $kg\ CO_2\ eq$ comparando el escenario BAU con el escenario positivo, si consideramos el escenario BAU con el escenario moderado la reducción es del 30% aproximadamente.

Figura 26

Gráfico de CO2 equivalente emitido por el tratamiento de RSM en relleno sanitario al año cinco por escenario



Nota. El gráfico muestra los valores de dióxido de carbono equivalente para los tres escenarios para el indicador mencionado.

Otros impactos en los cuales la cantidad reducida es considerable son en terrestrial ecotoxicity pasando de un valor de 338 $kg\ 1{,}4-DCB$ *a* 147 $kg\ 1{,}4-DCB$, es decir, aproximadamente una reducción del 62% al comparar los escenarios BAU y positivo; la reducción con el escenario moderado fue de 37% aproximadamente.

Figura 27

Gráfico de DCB equivalente emitido por el tratamiento de RSM en relleno sanitario al año cinco por escenario



Nota. El gráfico muestra los valores de DCB (dicloro benceno) equivalente para los tres escenarios para el indicador mencionado.

Otro impacto importante fue el de toxicidad humana no cancerígena, la cual obtuvo una reducción de más 50% aproximadamente, pues se redujo de $8{,}24xE^{\wedge 3}\ kg\ 1{,}4-DCB\ a\ 3{,}58xE^{\wedge 3}\ kg\ 1{,}4-DCB$ en la comparativa del escenario positivo y BAU. El uso de tierra, por su lado, presentó una reducción mayor al 55%, pues pasó de un valor de 11,2 $m^2 a\ crop\ eq$ a 4.87 $m^2 a\ crop\ eq$ comparando el escenario positivo y BAU; el escenario moderado y BAU presentó una reducción del 45% aproximadamente. Por último, otro impacto el cual tuvo una reducción bastante resaltante fue el consumo de agua, la cual pasó de un valor de 2,49 m^3 en el escenario BAU, a 1,53 m^3 en el escenario moderado, y 1,08 m^3 en el escenario positivo, lo cual equivale a una reducción del 55% aproximadamente comparado al escenario positivo y de 39% aproximadamente comparado al escenario moderado. No obstante, el más resaltante y en el cual se enfoca este análisis en lo aportado en la reducción de la huella de carbono (CO_2).

Figura 28

Gráfico de m3 de agua utilizados por el tratamiento de RSM en relleno sanitario al año cinco por escenario



Nota. El gráfico muestra los valores de m3 para los tres escenarios para el indicador mencionado.

Figura 29

Tabla de análisis de impacto de los galones consumidos por camión colector (gal/año) por vivienda

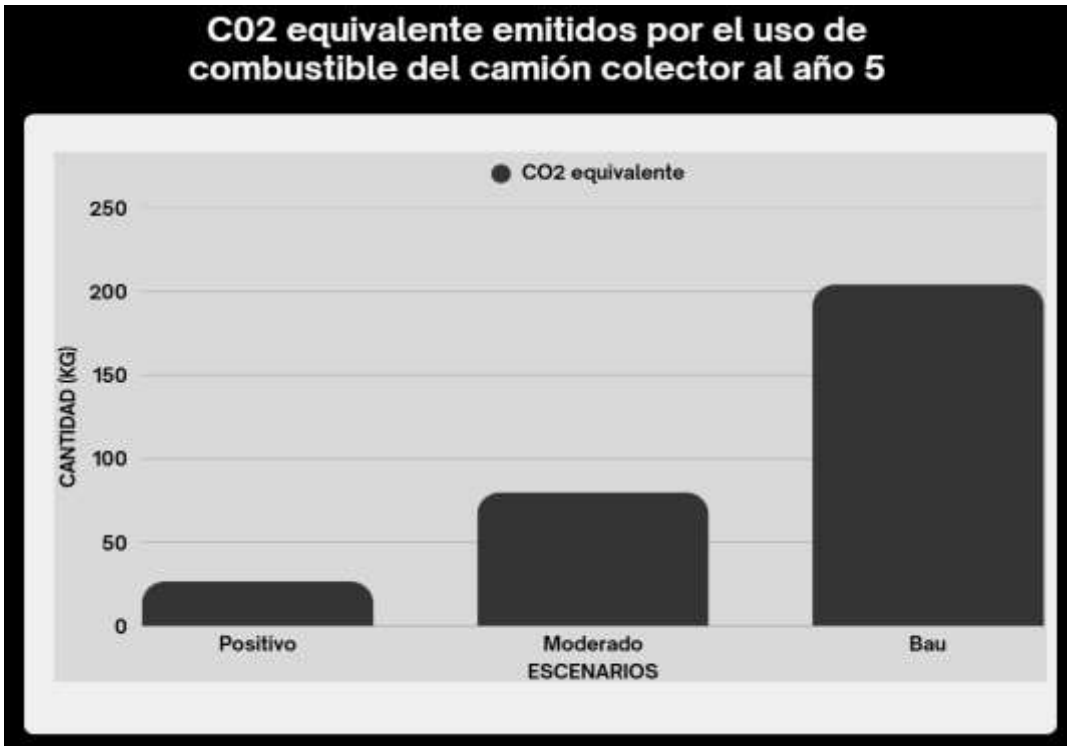
Se	Categoría de impacto	Unidad	Transport, freight, lorry 16-32 metric	Transport, freight, lorry 16-32 metric	Transport, freight, lorry 16-32 metric
☑	Global warming	kg CO2 eq	26.6	79.8	204
☑	Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	9.49E-6	2.85E-5	7.29E-5
☑	Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.433	1.3	3.33
☑	Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0.181	0.544	1.39
☑	Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	0.043	0.129	0.331
☑	Ozone formation, Terrestrial ecos	kg NOx eq	0.184	0.553	1.41
☑	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0.101	0.304	0.778
☑	Freshwater eutrophication	kg P eq	0.0054	0.0162	0.0415
☑	Marine eutrophication	kg N eq	0.000179	0.000538	0.00138
☑	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	455	1.37E3	3.5E3
☑	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.501	1.51	3.85
☑	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.912	2.74	7
☑	Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1.13	3.39	8.65
☑	Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	19	57	146
☑	Land use	m2a crop eq	1.36	4.07	10.4
☑	Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.051	0.153	0.392
☑	Fossil resource scarcity	kg oil eq	9.04	27.2	69.5
☑	Water consumption	m3	0.0448	0.135	0.344

Nota. La tabla indica los valores obtenidos y comparados en cada una de las 18 categorías de análisis de impacto entre el escenario positivo, moderado y BAU.

Por su lado, los valores obtenidos para la categoría Transport Freight lorry 16-32 metric ton se observan las principales reducciones en impactos como global warming, water consumption, fossil resource scarcity y terrestrial ecotoxicity. En el caso del impacto de global warming este presenta una reducción de 204 $kg\ CO_2\ eq$ a 26,6 $kg\ CO_2\ eq$ al comparar el escenario BAU y el positivo (80% aproximadamente); si se compara el escenario BAU con el moderado la reducción es del 55% aproximadamente; en cuanto al consumo de agua los valores se redujeron de 0,344 m^3 a 0,0448 m^3comparando el escenario BAU y positivo, lo cual equivale a una reducción del 85% aproximadamente, en el escenario BAU y moderado la reducción fue de más del 50%.

Figura 30

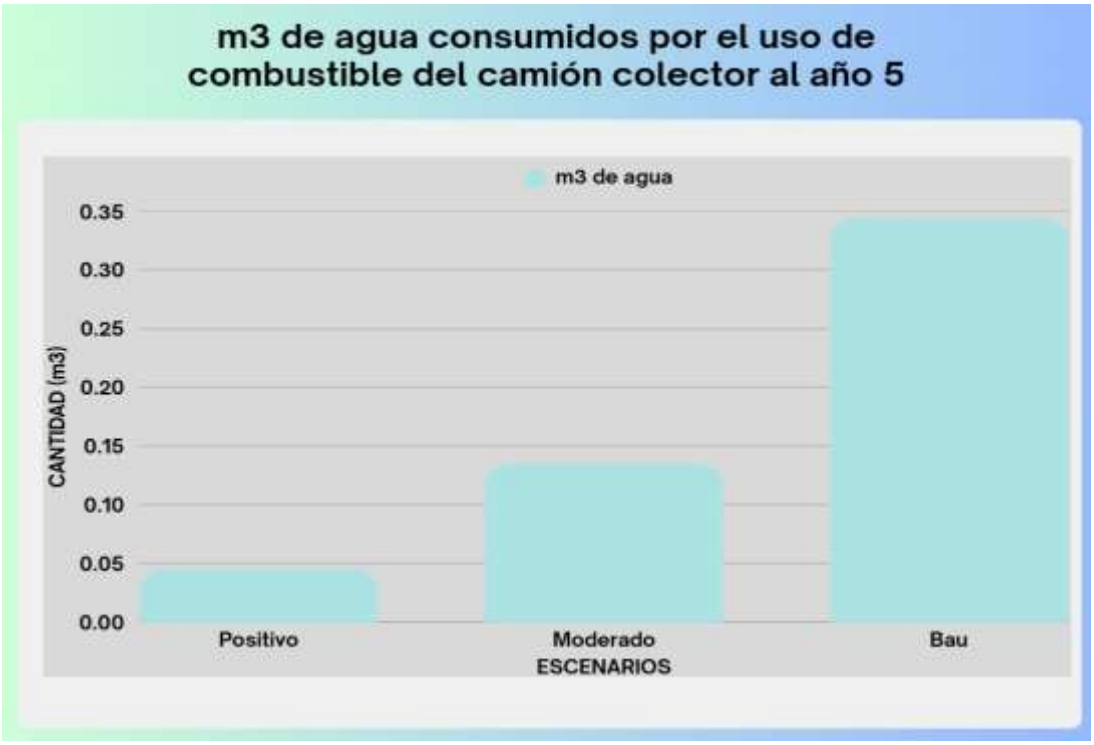
Gráfico de CO2 equivalente emitidos por el uso de combustible del camión colector al año cinco por escenario



Nota. El gráfico muestra los valores de dióxido de carbono equivalente para los tres escenarios para el indicador mencionado.

Figura 31

Gráfico de m3 de agua consumidos por el uso de combustible del camión colector al año cinco por escenario

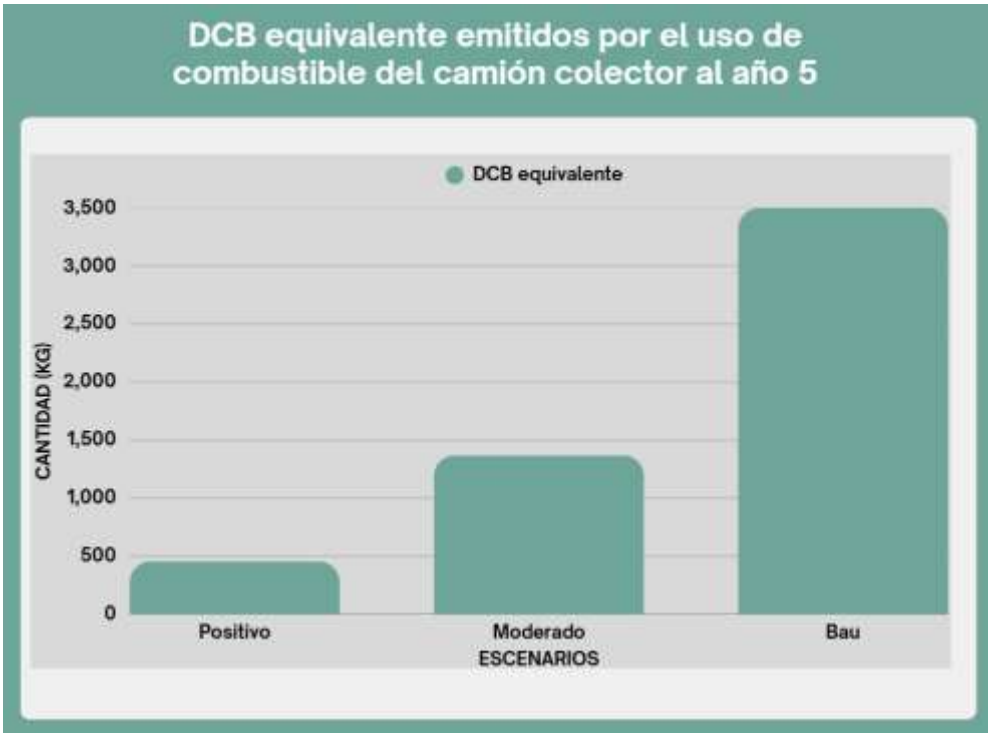


Nota. El gráfico muestra los valores de m3 para los tres escenarios para el indicador mencionado.

En el impacto de fossil resource scarcity los valores pasaron de 69,5 *kg oil eq* a 9,04 *kg oil eq* de BAU a positivo, y 69,5 *kg oil eq* a 27,2 *kg oil eq* de BAU a moderado, este se encuentra fuertemente vinculado por el impacto de calentamiento global. Finalmente, en el impacto terrestrial ecotoxicity la reducción de valores fue de 3500 *kg 1,4-DCB* a 455 *kg 1,4-DCB* para la comparativa entre los escenarios BAU y positivo, es decir, aproximadamente una reducción del 87%; y de 3500 *kg 1,4-DCB* a 1370 *kg 1,4-DCB* para la comparativa entre los escenarios BAU y moderado (reducción del 60% aproximadamente).

Figura 32

Gráfico de DCB equivalente emitido por el uso de combustible del camión colector al año cinco por escenario



Nota. El gráfico muestra los valores de DCB (dicloro benceno) equivalente para los tres escenarios para el indicador mencionado.

Si bien los valores evaluados en este apartado no representan una cantidad grande se debe recordar que esto fue desarrollado para una sola vivienda. Si estimamos cuántas viviendas hay en los distritos evaluados, en los distritos de Lima, o en los distritos del Perú las cantidades se van a magnificar de una forma exponencial.

De los 19 impactos evaluados se le da especial importancia al impacto de Global Warming, Esto debido a que, aparte de los valores de mayor reducción obtenidos, es un impacto que juega un papel importante en cuanto al accionar frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Acción por el clima, el cual busca adoptar diferentes medidas que permitan reducir y combatir el cambio climático y los efectos que este pueda generar (PNUMA, 2018).

Durante el análisis de Costo Evitados se evaluó dos escenarios en un periodo de 5 años, tanto sin la ejecución del proyecto como luego de su implementación obteniendo los siguientes resultados (*Anexo 15*

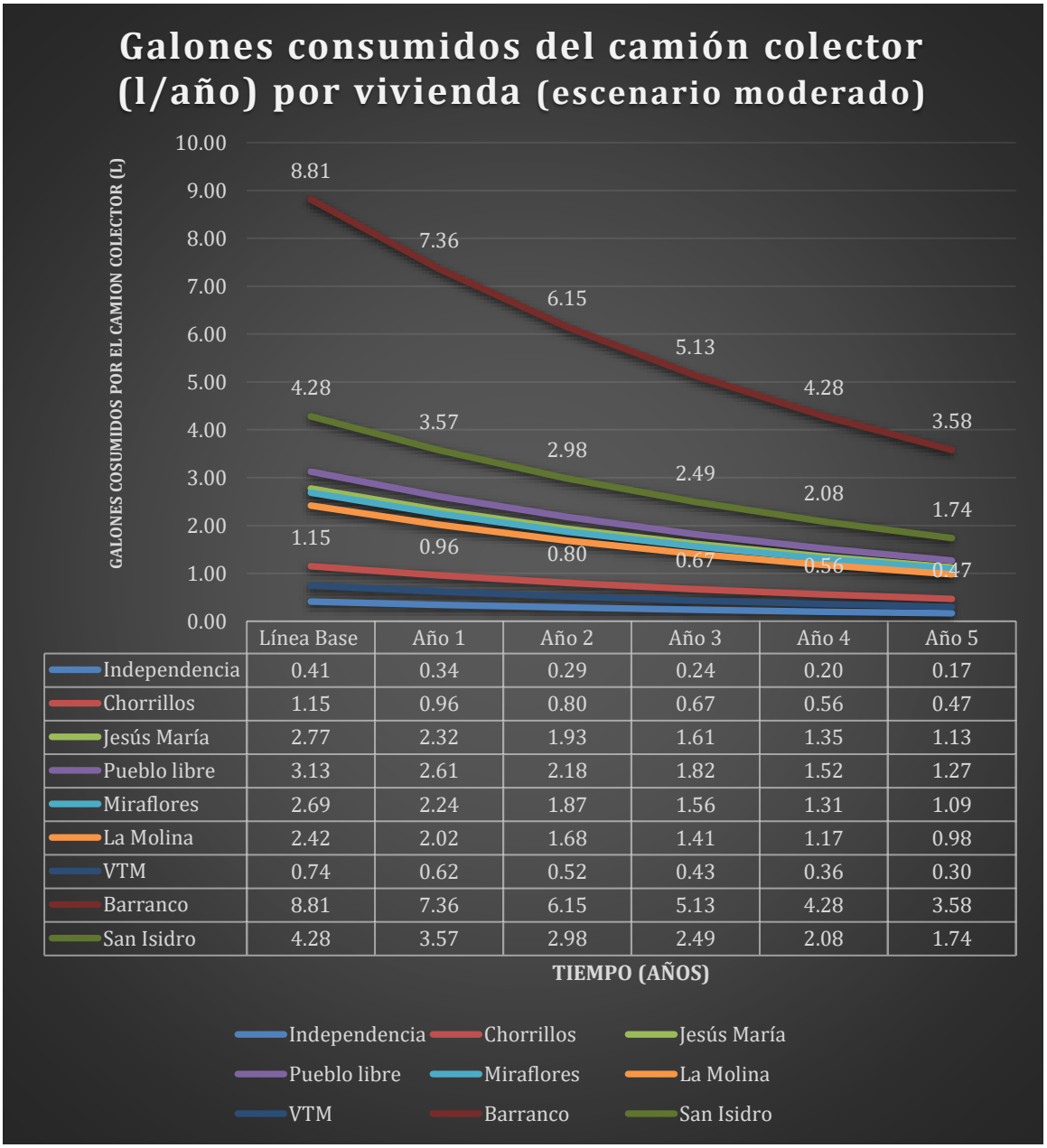
Galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda (escenario positivo)

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del segundo indicador.

En el caso de los galones consumidos para el escenario positivo se puede evidenciar que el que concluyó con un menor gasto anual por vivienda fue el distrito de Independencia; no obstante, al mismo tiempo fue el que presentó una menor disminución en el consumo. Por otro lado, el distrito que presentó mayor disminución en el consumo de galones fue el distrito de Barranco con una disminución mayor a 7 litros/año por vivienda, es decir, fue el más beneficiado pues en él se empleaba el mayor consumo de combustible para el funcionamiento del camión colector de RR. SS. municipales.

Anexo 16

Galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda (escenario moderado)



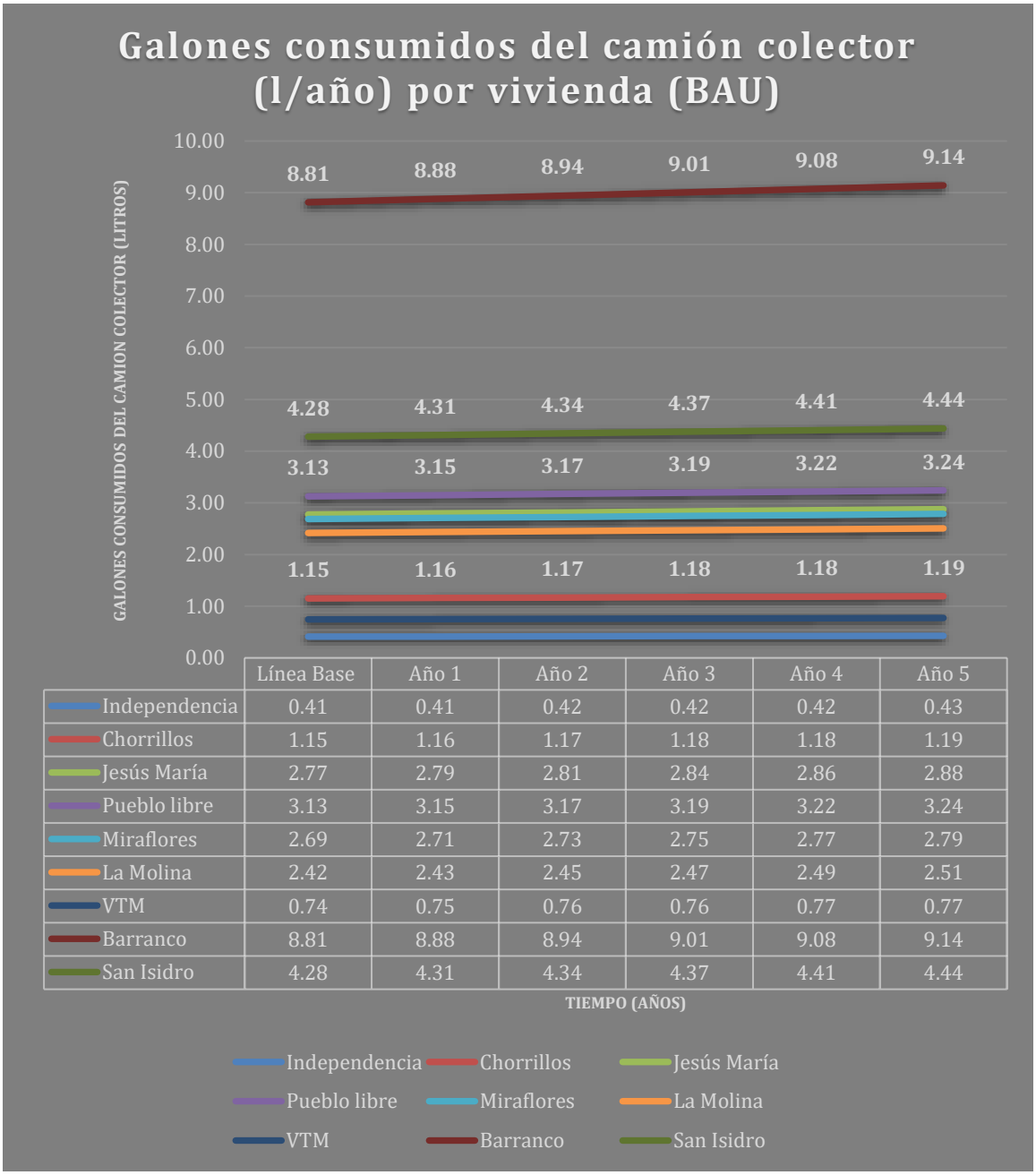
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	0.41	0.34	0.29	0.24	0.20	0.17
Chorrillos	1.15	0.96	0.80	0.67	0.56	0.47
Jesús María	2.77	2.32	1.93	1.61	1.35	1.13
Pueblo libre	3.13	2.61	2.18	1.82	1.52	1.27
Miraflores	2.69	2.24	1.87	1.56	1.31	1.09
La Molina	2.42	2.02	1.68	1.41	1.17	0.98
VTM	0.74	0.62	0.52	0.43	0.36	0.30
Barranco	8.81	7.36	6.15	5.13	4.28	3.58
San Isidro	4.28	3.57	2.98	2.49	2.08	1.74

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del segundo indicador.

En el caso del escenario moderado el de mayor reducción fue el distrito de Barranco acompañado del distrito de San Isidro con la mitad del valor del primero. Asimismo, el que presentó un menor consumo fue el distrito de Independencia acompañado de Villa María del Triunfo. El de mayor consumo, que en este caso fue Barranco, también fue el de mayor disminución.

Anexo 17

Galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda (BAU)



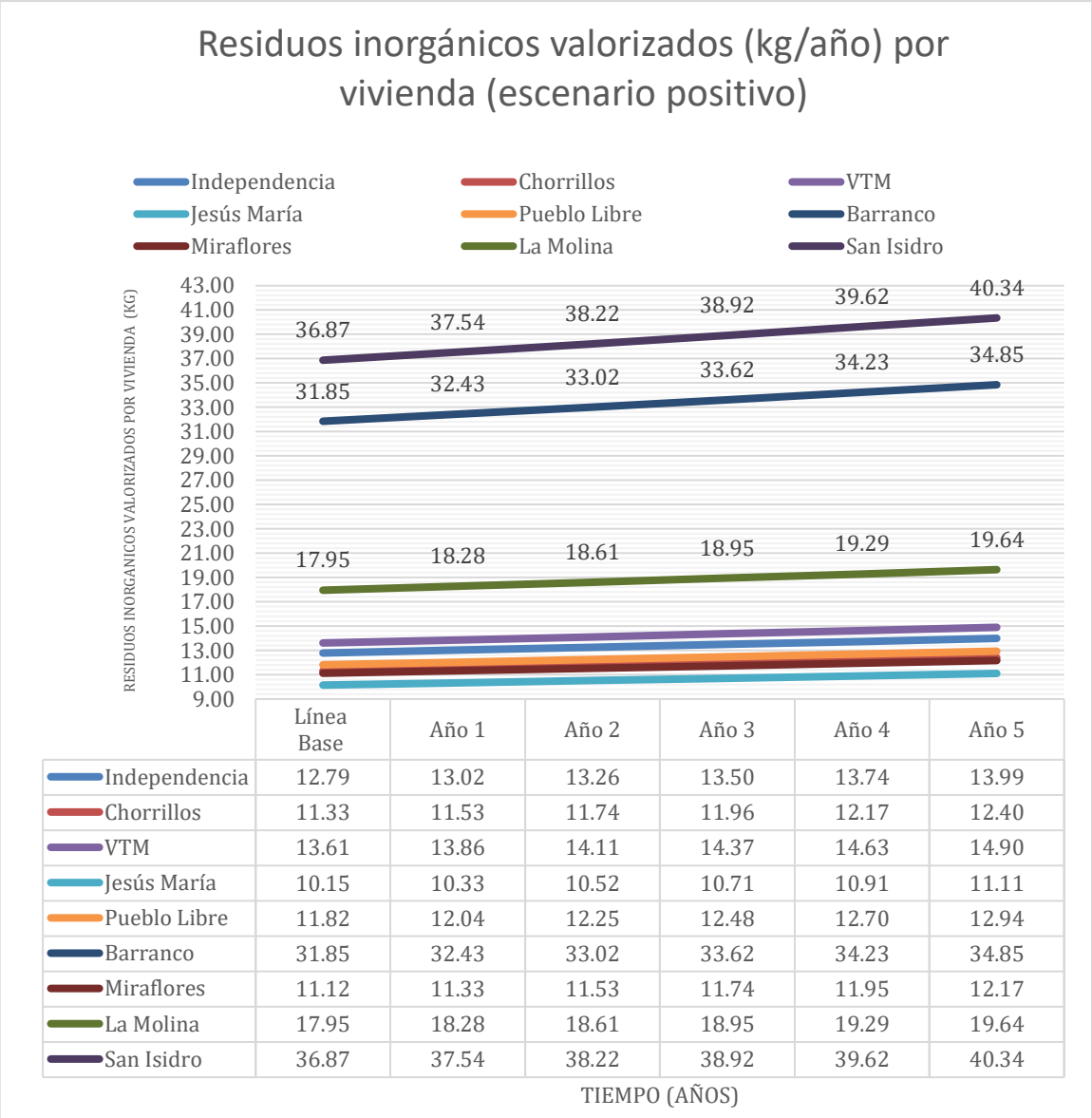
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.43
Chorrillos	1.15	1.16	1.17	1.18	1.18	1.19
Jesús María	2.77	2.79	2.81	2.84	2.86	2.88
Pueblo libre	3.13	3.15	3.17	3.19	3.22	3.24
Miraflores	2.69	2.71	2.73	2.75	2.77	2.79
La Molina	2.42	2.43	2.45	2.47	2.49	2.51
VTM	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.77
Barranco	8.81	8.88	8.94	9.01	9.08	9.14
San Isidro	4.28	4.31	4.34	4.37	4.41	4.44

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del segundo indicador.

Para el caso BAU, se evidencia un incremento en el consumo, caso contrario a los que sucede en los primeros dos escenarios. Siendo el de mayor consumo el de Barranco y el que más aumento de consumo tuvo. Este caso presentó una media de consumo en litros al año por vivienda de 3.04. Si se considerara esta media para los 43 distritos se tendría un consumo de 130.82 litros/año por vivienda de combustible para los camiones colectores.

Anexo 18

Residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario positivo)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	12.79	13.02	13.26	13.50	13.74	13.99
Chorrillos	11.33	11.53	11.74	11.96	12.17	12.40
VTM	13.61	13.86	14.11	14.37	14.63	14.90
Jesús María	10.15	10.33	10.52	10.71	10.91	11.11
Pueblo Libre	11.82	12.04	12.25	12.48	12.70	12.94
Barranco	31.85	32.43	33.02	33.62	34.23	34.85
Miraflores	11.12	11.33	11.53	11.74	11.95	12.17
La Molina	17.95	18.28	18.61	18.95	19.29	19.64
San Isidro	36.87	37.54	38.22	38.92	39.62	40.34

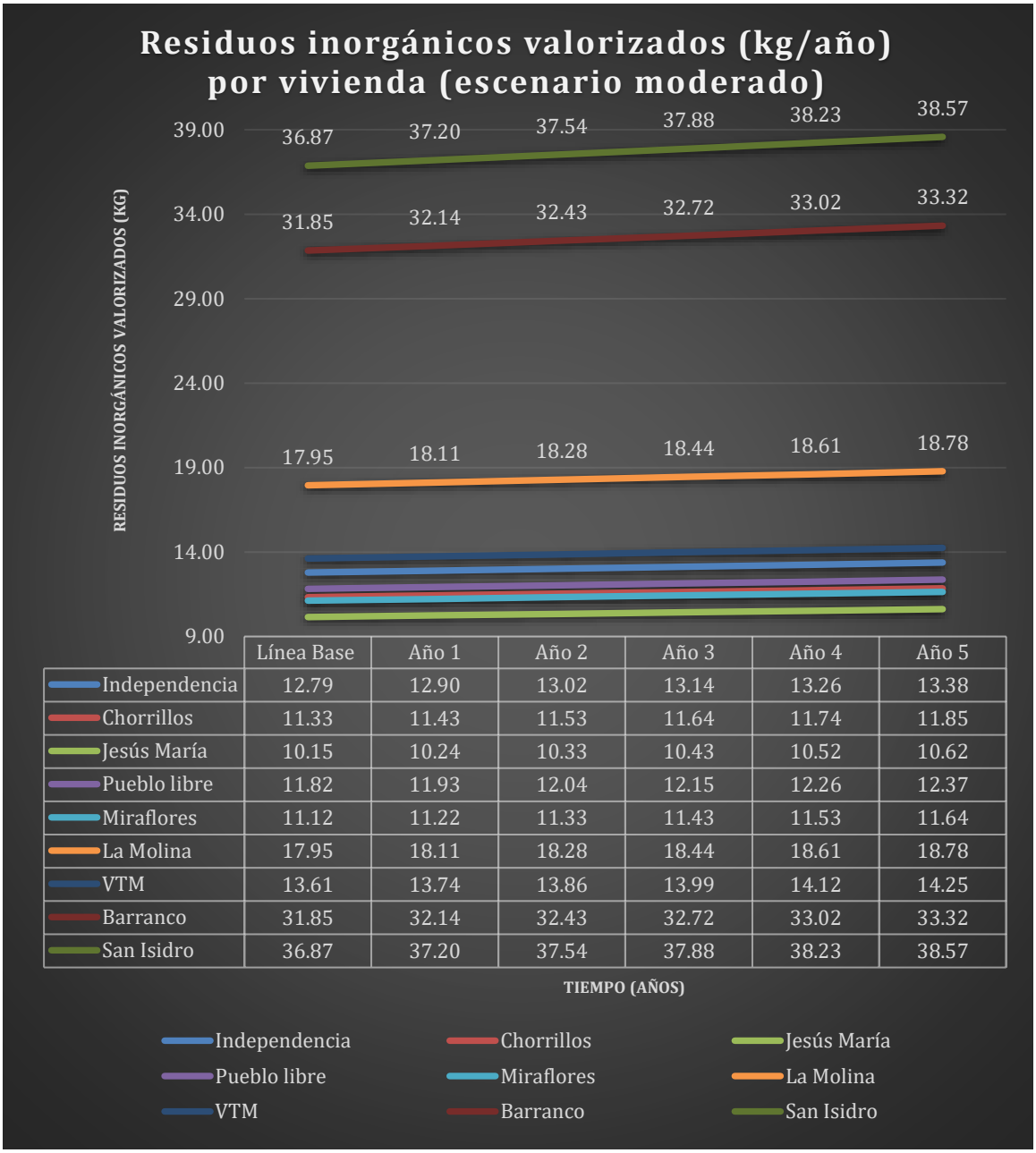
Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del tercer indicador.

El escenario positivo para la valorización de RR. SS. inorgánicos tuvo como distrito con mayor valorización para el año 5 a San Isidro, seguido de barranco con un diferencial de crecimiento entre el año base y 5 de 3 kg/año por vivienda. Caso contrario, Miraflores y

Chorrillos presentaron el menor crecimiento al culminar los 5 años, teniendo valores de 1.05 y 1.07 kg/año por vivienda respectivamente. Los nueve distritos en evaluación presentaron un promedio de 19.15 kg RSI val/año por vivienda al año 5.

Anexo 19

Residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario moderado)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	12.79	12.90	13.02	13.14	13.26	13.38
Chorrillos	11.33	11.43	11.53	11.64	11.74	11.85
Jesús María	10.15	10.24	10.33	10.43	10.52	10.62
Pueblo libre	11.82	11.93	12.04	12.15	12.26	12.37
Miraflores	11.12	11.22	11.33	11.43	11.53	11.64
La Molina	17.95	18.11	18.28	18.44	18.61	18.78
VTM	13.61	13.74	13.86	13.99	14.12	14.25
Barranco	31.85	32.14	32.43	32.72	33.02	33.32
San Isidro	36.87	37.20	37.54	37.88	38.23	38.57

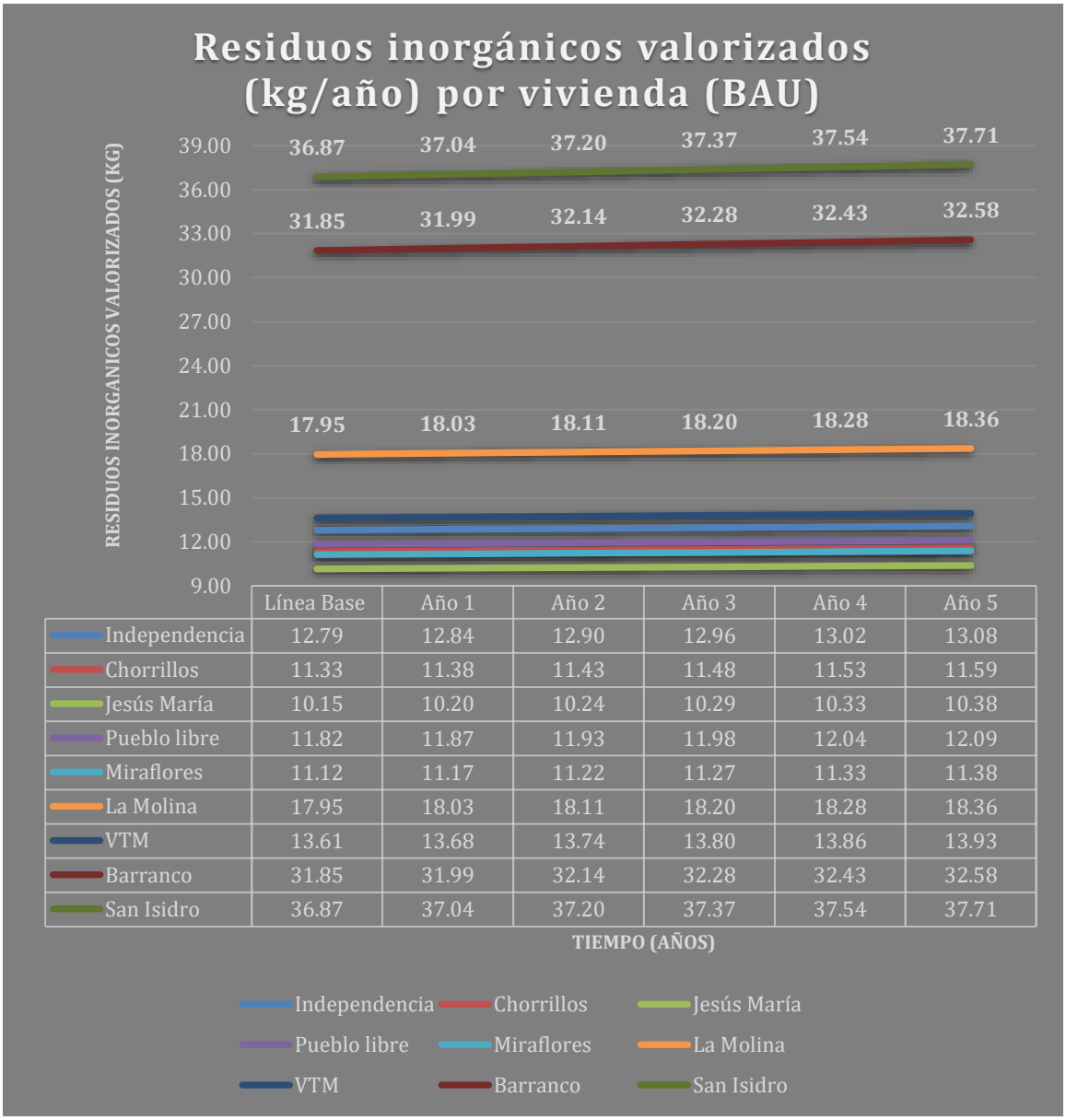
Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del tercer indicador.

El escenario moderado presentó a San Isidro y Barranco como los distritos que presentaron mayor aumento, Miraflores y Chorrillos fueron quienes tuvieron un menor aumento de

todos comparando en año base con el año 5; y Jesús María fue el distrito que presentó el valor más bajo al culminar los 5 años. Los nueve distritos en evaluación presentaron un promedio de 18.31 kg RSI val/año por vivienda al añ

Anexo 20

Residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario BAU)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	12.79	12.84	12.90	12.96	13.02	13.08
Chorrillos	11.33	11.38	11.43	11.48	11.53	11.59
Jesús María	10.15	10.20	10.24	10.29	10.33	10.38
Pueblo libre	11.82	11.87	11.93	11.98	12.04	12.09
Miraflores	11.12	11.17	11.22	11.27	11.33	11.38
La Molina	17.95	18.03	18.11	18.20	18.28	18.36
VTM	13.61	13.68	13.74	13.80	13.86	13.93
Barranco	31.85	31.99	32.14	32.28	32.43	32.58
San Isidro	36.87	37.04	37.20	37.37	37.54	37.71

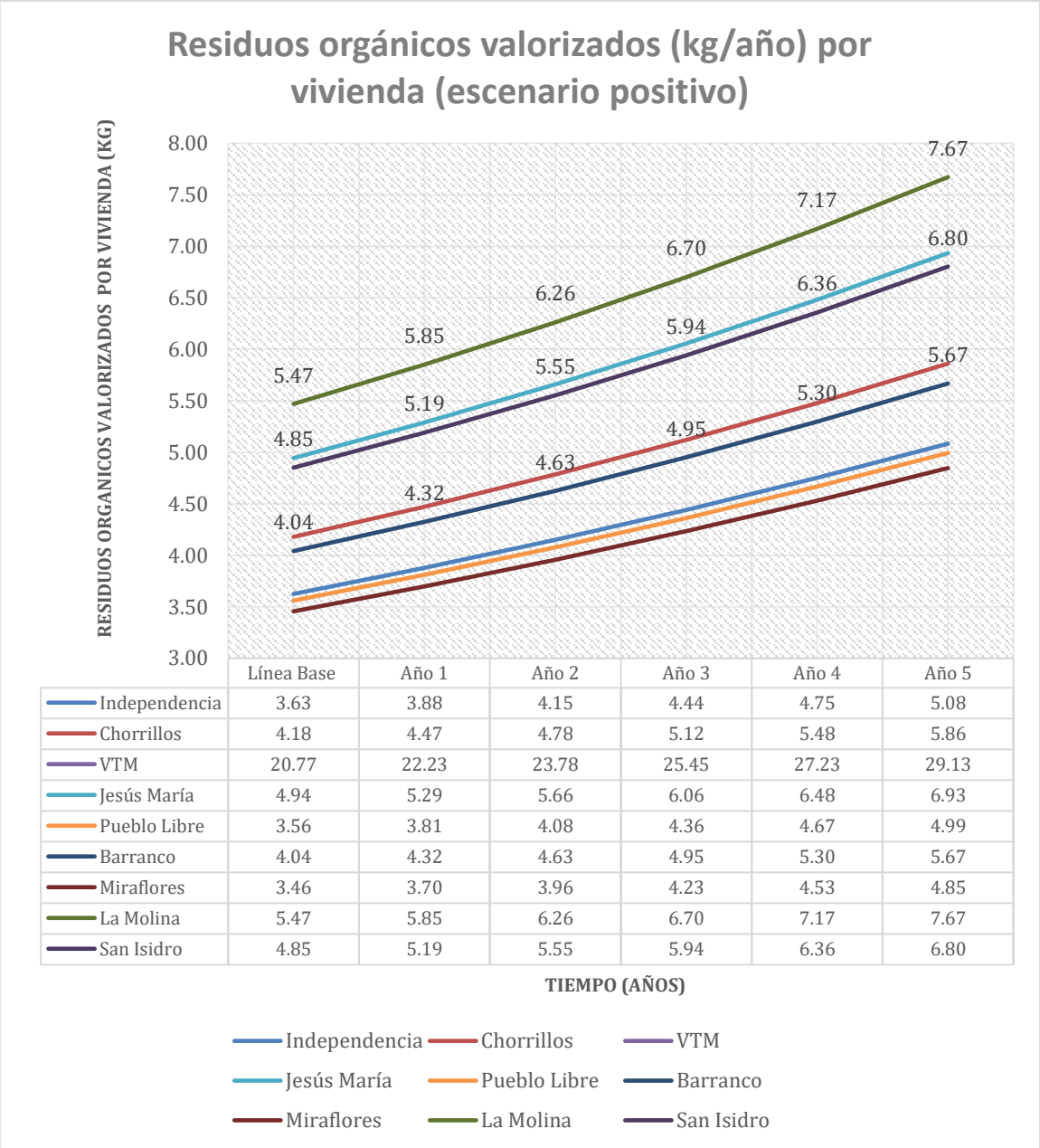
Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del tercer indicador.

En el caso BAU para los residuos inorgánicos valorizados, el distrito que obtuvo un menor crecimiento al comparar el año base con el año 5 fue el distrito de Jesús María, seguido por los distritos de Independencia, Chorrillos y Miraflores, todos con un diferencial de

crecimiento menor a 0.30 kg RSI val/año por vivienda. Los nueve distritos en evaluación presentaron un promedio de 17.90 kg RSI val/año por vivienda al año 5.

Anexo 21

Residuos orgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario positivo)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	3.63	3.88	4.15	4.44	4.75	5.08
Chorrillos	4.18	4.47	4.78	5.12	5.48	5.86
VTM	20.77	22.23	23.78	25.45	27.23	29.13
Jesús María	4.94	5.29	5.66	6.06	6.48	6.93
Pueblo Libre	3.56	3.81	4.08	4.36	4.67	4.99
Barranco	4.04	4.32	4.63	4.95	5.30	5.67
Miraflores	3.46	3.70	3.96	4.23	4.53	4.85
La Molina	5.47	5.85	6.26	6.70	7.17	7.67
San Isidro	4.85	5.19	5.55	5.94	6.36	6.80

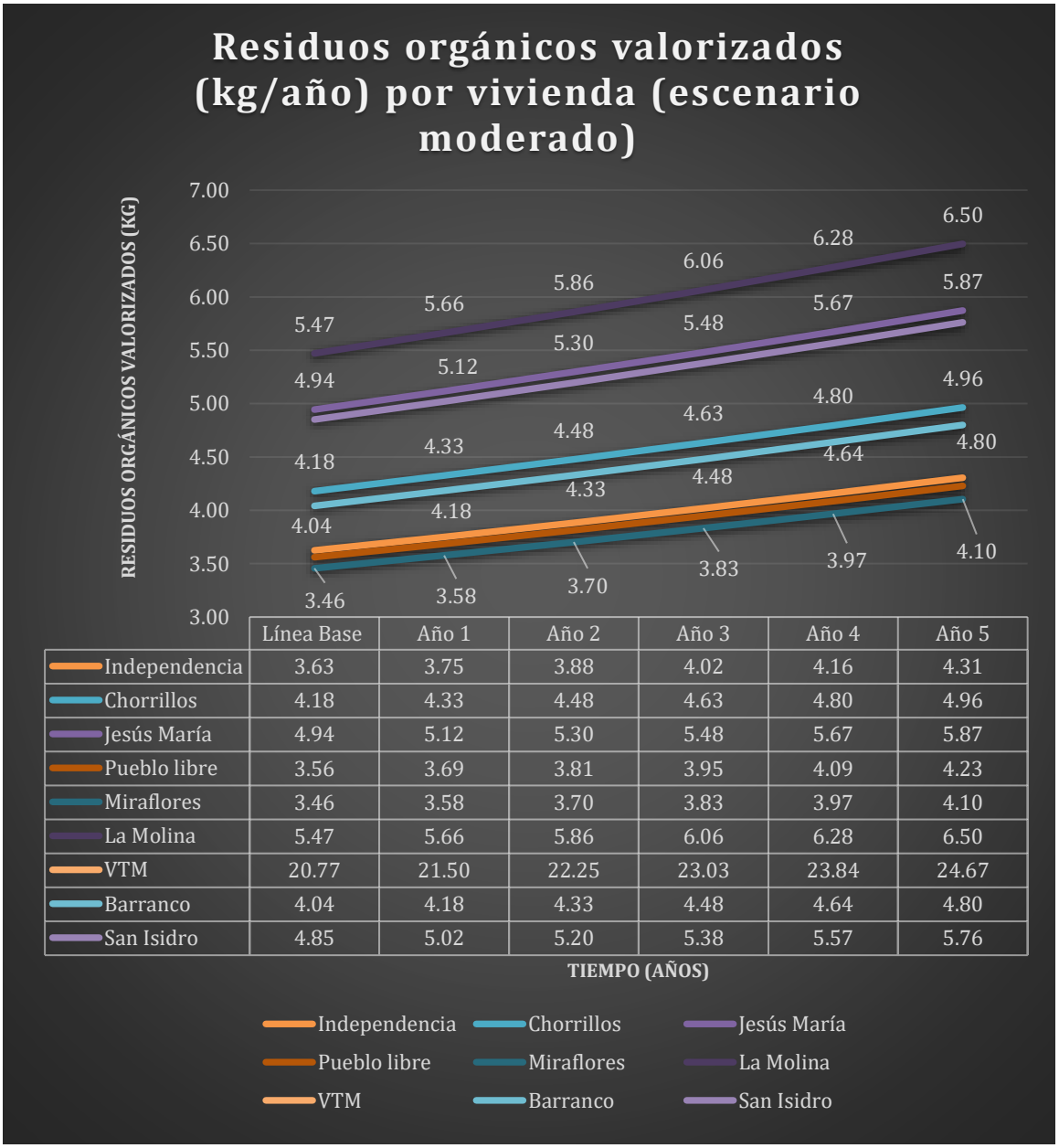
Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del cuarto indicador.

Para los residuos orgánicos valorizados el distrito con mayor cantidad de residuos valorizados al año 5 fue el distrito de Villa María del Triunfo, pues presenta una mayor cantidad en el año base. Considerando a los demás distritos, el que elevó más sus valores

fue La Molina seguido de Jesús María y quienes elevaron menos los kg de residuos valorizados fueron Pueblo Libre y Miraflores. Presentaron una media de 8.56 kg RSO val/año por vivienda al año 5.

Anexo 22

Residuos orgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario moderado)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	3.63	3.75	3.88	4.02	4.16	4.31
Chorrillos	4.18	4.33	4.48	4.63	4.80	4.96
Jesús María	4.94	5.12	5.30	5.48	5.67	5.87
Pueblo libre	3.56	3.69	3.81	3.95	4.09	4.23
Miraflores	3.46	3.58	3.70	3.83	3.97	4.10
La Molina	5.47	5.66	5.86	6.06	6.28	6.50
VTM	20.77	21.50	22.25	23.03	23.84	24.67
Barranco	4.04	4.18	4.33	4.48	4.64	4.80
San Isidro	4.85	5.02	5.20	5.38	5.57	5.76

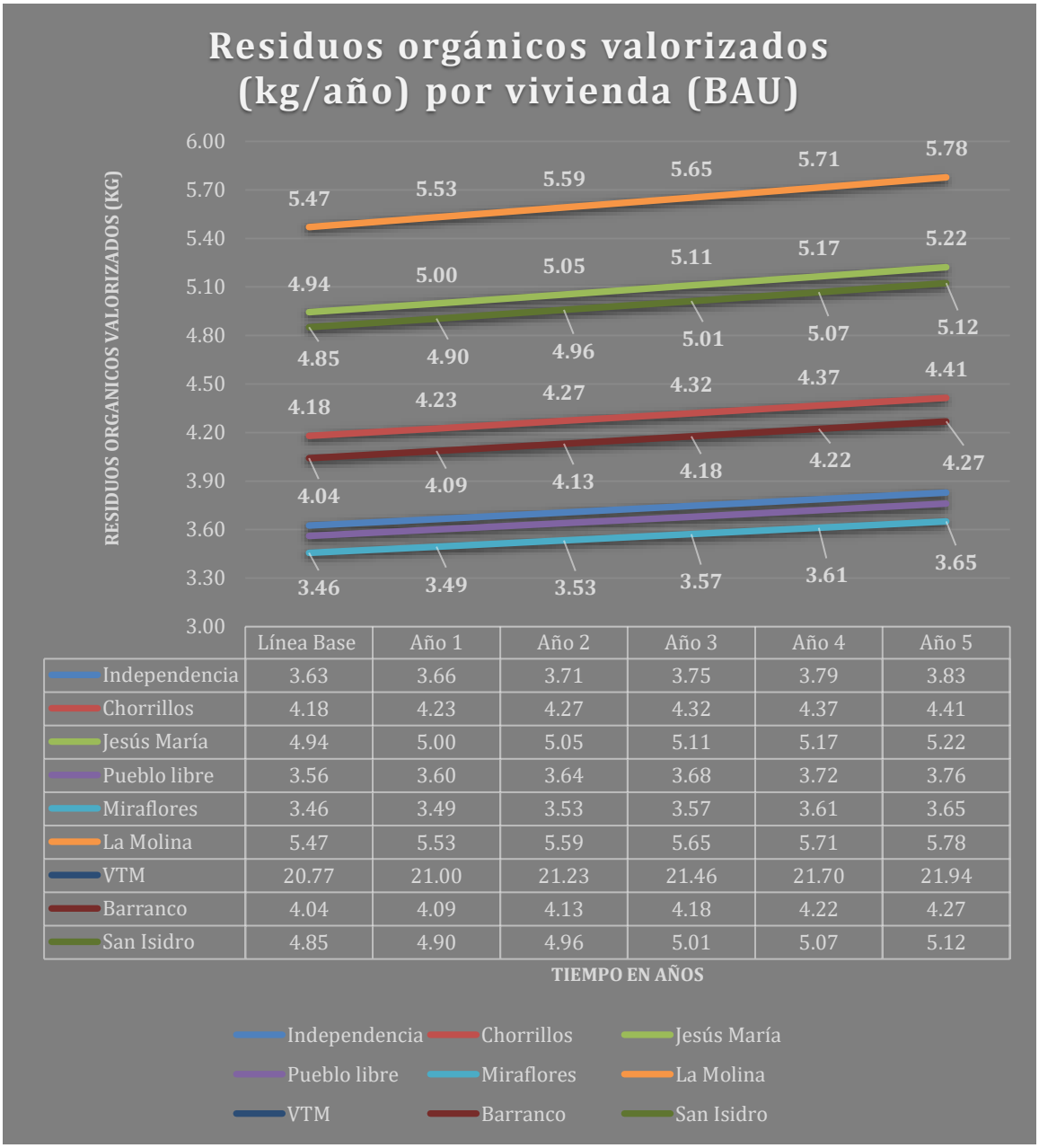
Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del cuarto indicador.

En el caso moderado, los patrones del caso positivo se repiten pero con medidas en los valores de crecimiento menores en aproximadamente 30-40%. La Molina es el distrito de mayor crecimiento al año 5 y el distrito de Miraflores acompañado de Pueblo Libre son los

de menor aumento. Presentan una media de 7.24 RSO val/año por vivienda al termino del año 5.

Anexo 23

Residuos orgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario BAU)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	3.63	3.66	3.71	3.75	3.79	3.83
Chorrillos	4.18	4.23	4.27	4.32	4.37	4.41
Jesús María	4.94	5.00	5.05	5.11	5.17	5.22
Pueblo libre	3.56	3.60	3.64	3.68	3.72	3.76
Miraflores	3.46	3.49	3.53	3.57	3.61	3.65
La Molina	5.47	5.53	5.59	5.65	5.71	5.78
VTM	20.77	21.00	21.23	21.46	21.70	21.94
Barranco	4.04	4.09	4.13	4.18	4.22	4.27
San Isidro	4.85	4.90	4.96	5.01	5.07	5.12

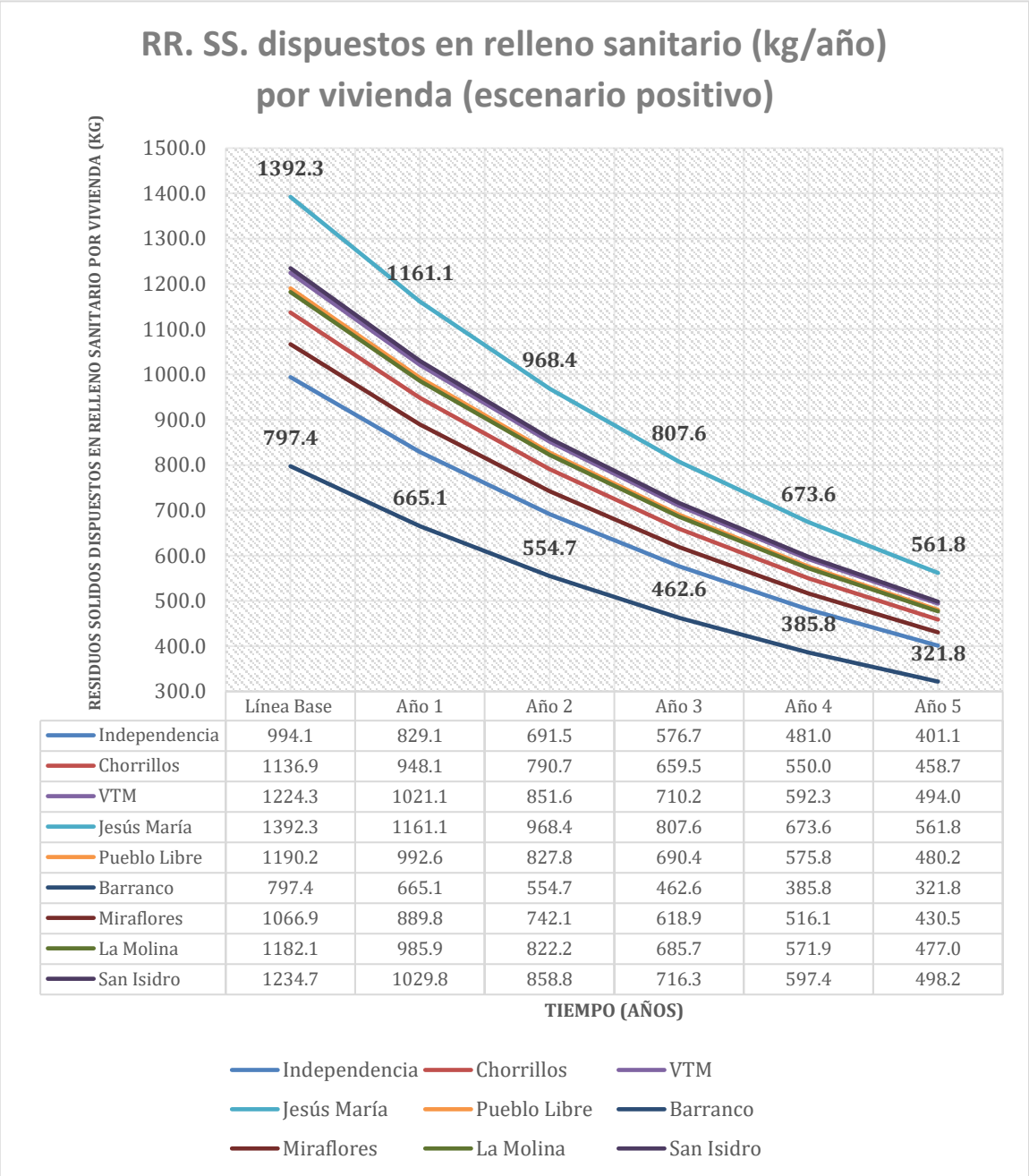
Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del cuarto indicador.

En el escenario BAU los valores son bastante bajos al contrastarlo con el caso positivo. Además, es el distrito de la Molina el de valores más altos en el año 5 sin considerar al distrito de Villa María del Triunfo. Del mismo modo, son los distritos de Miraflores y

Pueblo Libre los que presentan valores más bajos al año 5. La media es de 6.44 RSO val/año por vivienda al culmino del quinto año de proyección.

Anexo 24

RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda (escenario positivo)



	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	994.1	829.1	691.5	576.7	481.0	401.1
Chorrillos	1136.9	948.1	790.7	659.5	550.0	458.7
VTM	1224.3	1021.1	851.6	710.2	592.3	494.0
Jesús María	1392.3	1161.1	968.4	807.6	673.6	561.8
Pueblo Libre	1190.2	992.6	827.8	690.4	575.8	480.2
Barranco	797.4	665.1	554.7	462.6	385.8	321.8
Miraflores	1066.9	889.8	742.1	618.9	516.1	430.5
La Molina	1182.1	985.9	822.2	685.7	571.9	477.0
San Isidro	1234.7	1029.8	858.8	716.3	597.4	498.2

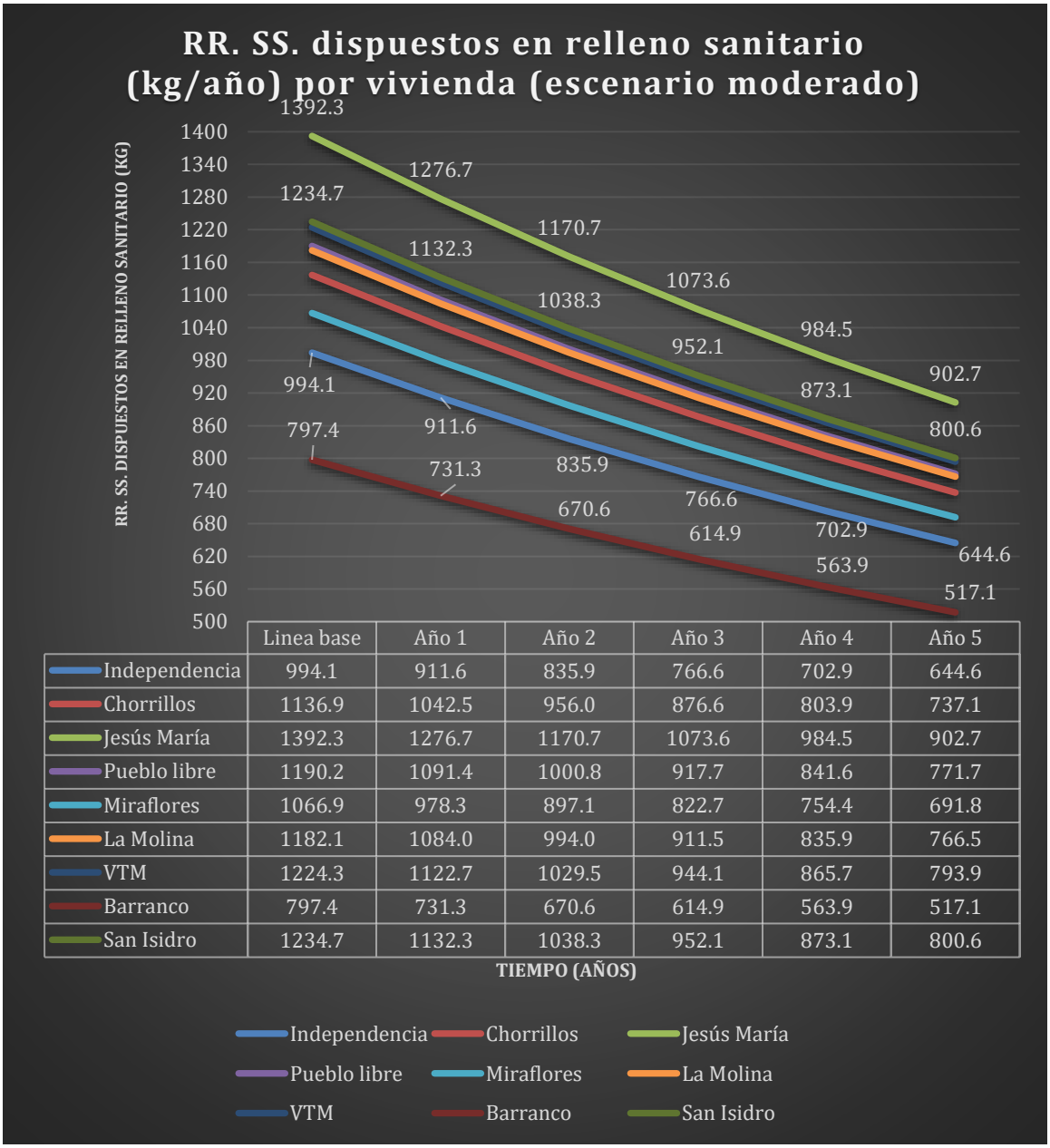
Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del quinto y último indicador.

Para los RR. SS. dispuestos en relleno sanitario se evidenció que el distrito que redujo en mayor cantidad sus residuos para el año 5 fue el distrito de Barranco seguido del distrito de Independencia. En contraste, el que presentó menor reducción fue el distrito de Jesús

María; sin embargo, fue el que redujo mayor cantidad de RR. SS. al comparar el año base con el año 5 (830.5 kg). La media fue de 458.1 kg/año por vivienda al quinto año.

Anexo 25

RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda (escenario moderado)



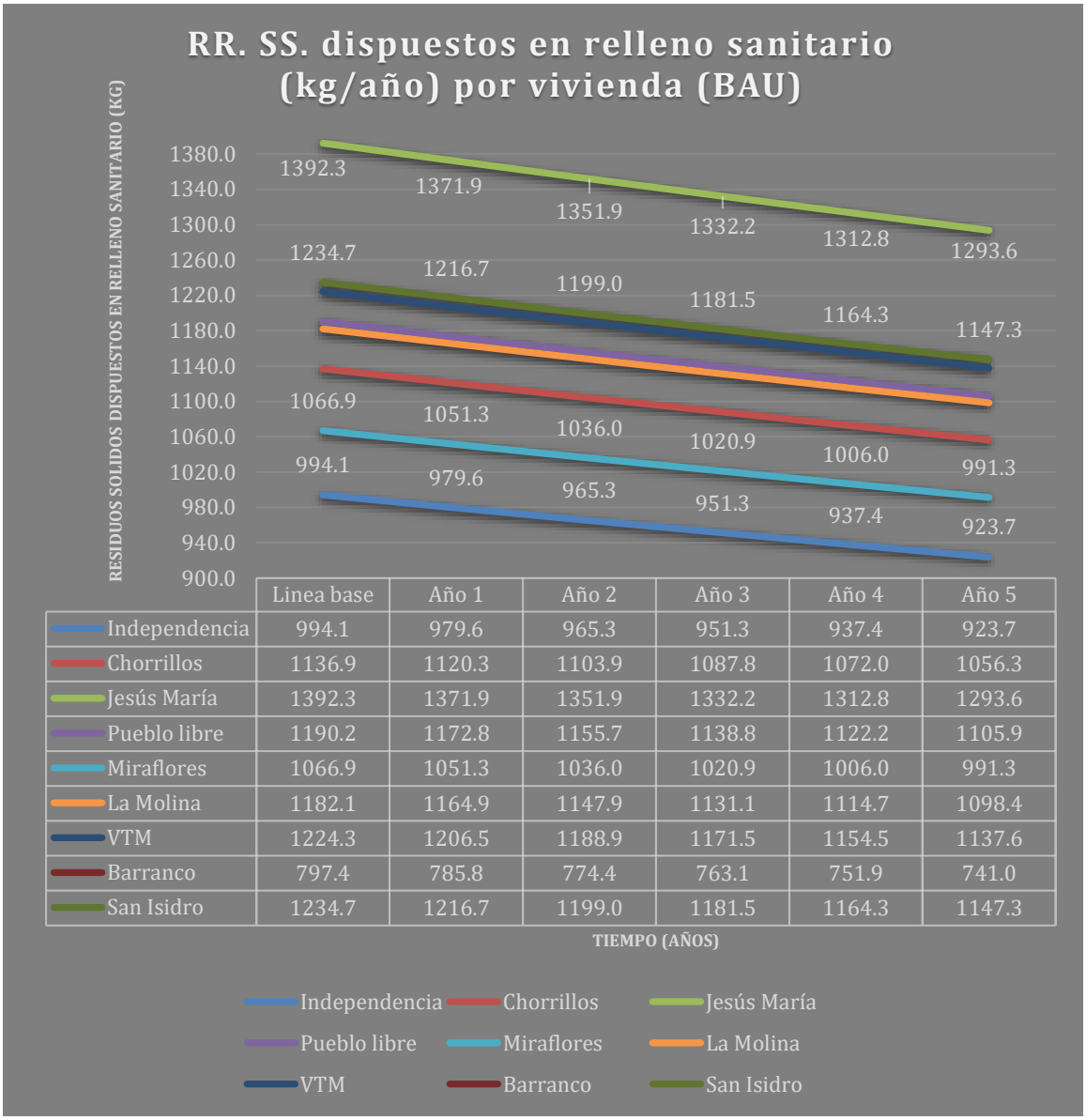
	Linea base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	994.1	911.6	835.9	766.6	702.9	644.6
Chorrillos	1136.9	1042.5	956.0	876.6	803.9	737.1
Jesús María	1392.3	1276.7	1170.7	1073.6	984.5	902.7
Pueblo libre	1190.2	1091.4	1000.8	917.7	841.6	771.7
Miraflores	1066.9	978.3	897.1	822.7	754.4	691.8
La Molina	1182.1	1084.0	994.0	911.5	835.9	766.5
VTM	1224.3	1122.7	1029.5	944.1	865.7	793.9
Barranco	797.4	731.3	670.6	614.9	563.9	517.1
San Isidro	1234.7	1132.3	1038.3	952.1	873.1	800.6

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del quinto y último indicador.

En el caso moderado se evidencia que el distrito que tuve mayor cantidad de residuos al culmino del año 5 fue Jesús María; no obstante, también fue el que presento mayor reducción de residuos al comparar el año base y el quinto año (489.5 kg). El distrito que tuve una menor reducción al año 5 fue Barranco, con un valor de 280.4 kg. La media de reducción de kg dispuestos en relleno sanitario fue de 736.2 kg/año por vivienda al año 5.

Anexo 26

RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda (escenario BAU)



Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del quinto y último indicador.

En el escenario BAU se obtuvo que el distrito con una mayor disminución al quinto año fue Barranco con un valor de 741 kg/año por vivienda dispuestos en el relleno sanitario. El distrito que presento una mayor disminución comparando el año base con el quinto año fue el distrito de Jesús María con un diferencial de 98.6 kg. Caso contrario fue Barranco, que pese a ser el que obtuvo menor valor al año 5, fue el que menos disminuyo en comparación al año base (56.5 kg). La media es de 1055 kg/año por vivienda dispuestos en relleno sanitario.

Se obtuvo ahorro en costos S/. 1 886 266,59 soles en el primer año, y hasta el año 5 el ahorro podría ascender a S/. 11 438 012,68 soles en enfermedades respiratorias.

Para las enfermedades cardiovasculares se obtuvo que luego de la aplicación del proyecto se podría ahorrar en costos S/ 1.914.431,32 soles en el primer año, y hasta el año 5 el ahorro podría ascender a S/ 11.713.272,09 soles.

Figura 33

Flujo general del total de costos evitados anualmente en un periodo de 5 años.

Beneficios de los costos evitados

Periodos	0	1	2	3	4	5
Costos evitados en enfermedades		S/ 1.914.431,32	S/ 4.010.305,62	S/ 6.324.842,44	S/ 8.882.997,13	S/ 11.713.272,09

Valor Actual Neto	S/.4.663.443,72
Tasa de descuento social	8%

Nota. Se presentan los costos evitados (ahorro) anualmente por la implementación del proyecto, donde se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de S/.4.663.443,72, lo cual es un indicador de viabilidad del proyecto.

Asimismo, se realizó un ACB Social del Proyecto de implementación de las Certificaciones ISO 14001 y la ISO 59004 (Economía Circular) en las gestiones de RSM para determinar qué beneficios sociales trae consigo para la población Limeña. Para ello se aplicó factores de corrección de bienes de origen nacional con un valor de FCBN(1/(1+IGV) o 0.84745763, esta misma corrección fue aplicada para cada costo identificado relevante para la evaluación del proyecto.

Se realizó el análisis del flujo financiero (B-C) - Social, considerando diversos costos como gastos de capital, ejemplo, la inversión inicial por la implementación de la certificación de los sistemas de gestión de RR. SS.. Esta evaluación fue desarrollada para un total de 6000 trabajadores municipales, considerando 1000 trabajadores para cada municipio de la muestra seleccionada. También se consideró gastos operativos como capacitaciones al personal, gastos administrativos y disposición de residuos. La estructura de este análisis se detalla a continuación.

Se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 16% (viable por ser mayor al 12%). Asimismo, se calculó el Valor Actual Neto Positivo de S/.4.663.443,72 soles, es decir es el ahorro neto que se produciría en un periodo de 5 años si se aplicase el proyecto. Por último, el Valor Agregado Bruto (VAB) obtenido con este proyecto alcanza la suma de S/.18.903.443,72 lo cual describe específicamente en términos monetarios la rentabilidad

generada del proyecto. El detalle de los gráficos generados se encuentre en el *Anexo 27 y Anexo 28.*

Figura 34
Flujo financiero

FLUJO financiero (B-C) - SOCIAL

Año	0	1	2	3	4	5
Costos						
Capacitación al personal		S/.120.000,00	S/.120.000,00	S/.120.000,00	S/.120.000,00	S/.120.000,00
Logística y renovación de equipos		S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00
Mantenimiento preventivo		S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00
Mejoras en las áreas de trabajo		S/.25.000,00	S/.25.000,00	S/.25.000,00	S/.25.000,00	S/.25.000,00
Gastos administrativos		S/.15.000,00	S/.15.000,00	S/.15.000,00	S/.15.000,00	S/.15.000,00
Mejoras en ducación ambiental, almacenamiento, transporte, disposición valorización y tratamiento		S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00
Valor residual						
Inversion	S/.14.240.000,00					
Costo evitado		S/.1.914.431,32	S/.4.010.305,62	S/.6.324.842,44	S/.8.882.997,13	S/.11.713.272,09
Flujo financiero (B-C)	-S/.14.240.000,00	S/.454.431,32	S/.2.550.305,62	S/.4.864.842,44	S/.7.422.997,13	S/.10.253.272,09

Indicadores de viabilidad

Valor Actual Neto	**S/.4.663.443,72**
Tasa Interna de Retorno	**16%**
VAB	**S/.18.903.443,72**
Ratio B/C	**1,327489025**

Nota. La figura muestra el cuadro del flujo financiero con los respectivos indicadores de viabilidad.

Asimismo, se realizó un análisis de sensibilidad en donde se escogió como variable a el precio de las consultas médicas, suponiendo que estas tengan un costo módico de 50 soles, debido a un cambio de política en la que la salud privada desaparezca y se atienda a todos por igual a un precio mínimo para cubrir los costos de operación y sueldos. Con ello, el TIR varía de la siguiente forma.

Figura 35
Flujo financiero análisis de sensibilidad

FLUJO financiero (B-C) - SOCIAL

Año	0	1	2	3	4	5
Costos						
Capacitación al personal		S/.120.000,00	S/.120.000,00	S/.120.000,00	S/.120.000,00	S/.120.000,00
Logística y renovación de equipos		S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00
Mantenimiento preventivo		S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00	S/.100.000,00
Mejoras en las áreas de trabajo		S/.25.000,00	S/.25.000,00	S/.25.000,00	S/.25.000,00	S/.25.000,00
Gastos administrativos		S/.15.000,00	S/.15.000,00	S/.15.000,00	S/.15.000,00	S/.15.000,00
Mejoras en educación ambiental, almacenamiento, transporte, disposición valorización y tratamiento		S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00	S/.1.100.000,00
Valor residual						
Inversion	S/.14.240.000,00					
Costo evitado		S/.565.316,25	S/.1.172.193,84	S/.1.842.172,35	S/.2.582.383,34	S/.3.400.951,11
Flujo financiero (B-C)	-S/.14.240.000,00	-S/.894.683,75	-S/.287.806,16	S/.382.172,35	S/.1.122.383,34	S/.1.940.951,11

Indicadores de viabilidad

Valor Actual Neto	**-S/.12.865.813,57**
Tasa Interna de Retorno	**-29%**
VAB	**S/.1.374.186,43**
Ratio B/C	**-0,096501856 3**

Nota. En la figura se puede apreciar un TIR de -29%, el cual responde a una reducción brusca en el costo de las consultas y tratamientos médicos.

En base a lo observado se puede concluir que el modelo es altamente sensible a una variación en el costo de los servicios de salud, motivo por el modelo siempre estará sujeto a cambios o regulaciones adicionales del sector salud que puedan perjudicar o beneficiar al ACB.

5 Discusión

Entre los principales hallazgos, se destacada la clasificación de las municipalidades en tres estratos; estrato A (nivel de desempeño moderado), estrato B (nivel de desempeño bajo) y estrato C (nivel de desempeño muy bajo), en función al desempeño de la gestión que ofrece cada municipalidad. Los datos revelaron una disparidad entre las municipalidades, con un desempeño promedio del 52,80% y un riesgo asociado a la gestión moderada (42%). Salazar-Rodríguez y Hernández-Diego (2018), obtuvieron que las municipalidades mexicanas presentan un desempeño promedio del 54% de manera general, principalmente por problemas de segregación y recolección. Asimismo, determinaron los riesgos generados por el nivel de desempeño de su gestión lo cual tuvo similitud a nuestro estudio, pues el riesgo que presentan fue de moderado elevado.

Si bien los porcentajes obtenidos reflejan una gran similitud de la realidad peruana con la mexicana existen ciertos factores por los cuales difiere; en primer lugar, utilizaron indicadores más orientados hacia los principales problemas hallados en su contexto los cuales fueron segregación y recolección de RR. SS. Asimismo, el caso mexicano tuvo una muestra reducida de municipios, pues fueron seleccionados en base a conveniencia, lo cual es distinto al presente caso en el que se utilizaron todos los distritos de una provincia. Finalmente es importante recordar que, si bien los porcentajes son similares, México y Perú presentan contextos culturales, políticos, sociales y demográficos diferentes.

En un estudio realizado en Puno por Quispe (2020) se realizó un análisis de la eficiencia en la gestión de RSM a los distritos de Puno. Se empleó la metodología DEA y se un total de 109 municipios se demostró que los municipios presentan en promedio un 85% de eficiencia en la gestión de RSM. Si se compara el presente estudio con el caso de la provincia de Puno, se encuentra una diferencia de más del 30% (al ser un 52,80% de desempeño). El caso difiere principalmente en las variables evaluadas para obtener el resultado, ya que el presente estudio consideró cinco variables de esferas operacionales, de gestión y sociopolíticas (cobertura de recolección de RSM, RSO valorizables, RSI valorizables, cobertura de arbitrios en limpieza pública y presupuesto de la GIRS per cápita); mientras que el estudio de Puno cuatro variables (frecuencia de recojo, cantidad de RSM recolectados al día, dinero destinado a limpieza pública e instrumentos de gestión RR.SS mal empleados). Este resultado al ser contrastado con el obtenido con el caso de

INEI y con el de la presente investigación genera el argumento de que, si bien en provincia los servicios a la ciudadanía y los servicios en general son más insuficientes, este diferencial en el nivel de desempeño estará regulado por la densidad poblacional o la población de un distrito/provincia/país, ya que en Lima Metropolitana habitan más de 10 millones de personas mientras que en Puno habitan poco más de 1 millón de personas.

El coeficiente de correlación obtenido entre el cumplimiento de requisitos de certificaciones y el nivel de desempeño fue de 0.71, lo que indica una relación directa. Además, se obtuvo un porcentaje de cumplimiento promedio del 57,47% entre los estratos (68,18% A, 58,79% B y 48,79% C). Navarro Martínez (2022) halló un nivel medio de percepción sobre los RR. SS. y la conciencia ambiental, así como una relación positiva, significativa y de magnitud considerable entre ambas variables, con un coeficiente de Spearman de 0,635. Herrera Monsalva (2017) realizó un análisis del cumplimiento del Sistema de Certificación Ambiental Municipal en Chile, específicamente para la municipalidad de Quilpué en donde obtuvo un cumplimiento del 100%, pues cumplió con todos los requisitos de forma satisfactoria.

Adicionalmente, Chiarella Horna (2018), en su estudio como parte de evaluar el proceso de certificación en la DICAPI, midió el cumplimiento de los requisitos de la certificación por parte de los miembros de esta entidad con ello pudo obtener un porcentaje de cumplimiento del 76%, así como porcentajes de disconformidad en cuanto al servicio y trato en el asesoramiento para obtener la certificación (48%) y de la disconformidad por la complejidad de los requisitos (59%). Además, Pulupa García y Quito Sánchez (2013) obtuvieron un 26,4% de cumplimiento con respecto a una adecuada gestión de RR. SS. en el cantón de La Troncal, región ubicada en Ecuador con miras a implementar la ISO 14001. Por su parte, Espinoza Jaimes (2024) implemento un sistema de gestión ambiental en la municipalidad de Huari con lo que logro evaluar cuanto porcentaje de cumplimiento de los requisitos del estándar tuvo al momento inicial de la evaluación y al final luego de implementada la certificación, para este caso los porcentajes fueron de 16% y 62% respectivamente.

En cuanto a la correlación existen diferencias como las variables evaluadas, pues en el estudio en comparación se emplearon los RR. SS. y la conciencia ambientales con una metodología de encuestas, en el presente estudio se empleó la recolección y análisis documental de información empleando como variables el cumplimiento de requisitos y el

nivel de desempeño en la GRSM. El cumplimiento de requisitos obtenidos en los estudios comparados fue, en el primer estudio, del 100%, esto es debido a que el municipio evaluado en Chile fue uno que contaba con la certificación municipal del país y empleó variables de evaluación como conocimiento del personal administrativo, trabajadores de campo, compromiso y participación ciudadana, entre otros (enfoque social).

En el estudio de Chiarella Horna (2018), el resultado porcentual del cumplimiento difiere en más del 20% con el hallado en esta investigación, puede deberse a la metodología empleada y los instrumentos, los cuales fueron cuestionarios, exámenes de conocimientos, listas de chequeo y encuestas. En el caso ecuatoriano, se obtuvo un porcentaje muy por debajo del obtenido en este estudio (57% contra 26%), principalmente se puede asociar al contexto de cada localidad del país respectivo, en la presente investigación se realizó el estudio a la capital peruana, si esto lo asociamos a que en el Perú persiste el centralismo es más fácil entender por qué el caso ecuatoriano difiere tanto, pues La Troncal no es una ciudad muy desarrollada de Ecuador. Además, emplea una metodología de encuestas y revisión de variables distintas a la de nuestro caso (conocimiento de la población, conciencia ambiental, generación per cápita, entre otras).

En el caso del estudio en Huari por Espinoza Jaimes (2024),dentro del Perú, se entiende que los valores de cumplimiento distan bastante con los del presente estudio debido a que en Huari al ser una provincia del país (y no una de las principales), los sistemas de servicios a la ciudadanía, como el de la gestión de RR. SS., se encuentra con bastantes deficiencias, es por ello, que al implementarle la certificación se logró un incremento de más del 50%. Asimismo, el uso de una matriz RAI permitió un correcto diagnóstico inicial, al igual que en el presente estudio.

Los impactos ambientales y socioeconómicos obtenidos por el estudio fueron un TIR (Tasa Interna de Retorno), el cuál fue del 16%, este sin duda es favorable, ya que para que un proyecto sea considerado viable se necesita superar un TIR del 12%. Esto se debe a que en el Perú, un proyecto de inversión con una Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor al 12% se considera favorable porque supera el costo de oportunidad del capital y refleja una rentabilidad superior al riesgo país y a las tasas de financiamiento locales. En otras palabras, garantiza que el proyecto no solo cubre los costos financieros, sino que también genera valor en un contexto socioeconómico marcado por volatilidad y necesidad de crecimiento (D’Alessio Ipinza, 2008).

Además, en cuanto a la huella de carbono y huella hídrica (impactos a discutir) se obtuvo una reducción del impacto de global warming aproximadamente del 57% suponiendo el mejor escenario y del 30% con un escenario moderado pues pasó de un valor de 100 $kg\ CO_2\ eq$ a uno de 43,4 $kg\ CO_2\ eq$ (escenario BAU-positivo) y de 61,3 $kg\ CO_2\ eq$ (escenario BAU-moderado) en el tratamiento de los RR. SS. en el relleno sanitario; y una reducción de 204 $kg\ CO_2\ eq$ a 26,6 $kg\ CO_2\ eq$ (escenario BAU-positivo) y de 79,8 $kg\ CO_2\ eq$ (escenario BAU-moderado), lo cual equivale a una disminución aproximada del 87% y del 55% respectivamente para el uso de gasolina en el transporte de los residuos.

En el caso de la huella hídrica, se obtuvo una reducción del impacto de consumo de agua del 55% suponiendo el mejor escenario y del 39% con un escenario moderado pues pasó de un valor de 2,49 m^3 de agua a un valor de 1,08 m^3de agua (escenario BAU-positivo) y de 1,53 m^3 de agua (escenario BAU-moderado) en el tratamiento de los RR. SS. en el relleno sanitario; y una reducción de 0,344 m^3de agua a un valor de 0,135 m^3de agua (escenario BAU-positivo) y de 0,0448 m^3de agua (escenario BAU-moderado), lo cual equivale a una disminución aproximada del 87% y 50% respectivamente para el uso de gasolina en el transporte de los residuos. Cabe resaltar que estos resultados son por vivienda. A continuación de mostrará una tabla comparativa entre los valores del presente estudios y los estudios similares a este.

Tabla 22

Cuadro comparativo de impactos ambientales por estudio

Indicadores de impacto / Casos	E. positivo	E. Moderado	Sayve & Van Acker (2020)	Deus et al., (2020)	Coaquira & Vilca, (2022)	Gina Kanhai et al., (2021)
Calentamiento global $kg\ CO_2\ eq$	57% 100 kg a 43,4 kg	30% 100 kg a 61,3 kg	30% 841 kg a 124 kg	0,166 kg	4,043 kg	60% 406 kg a 190 kg
Huella hídrica m^3de agua	55% 2,49m^3 a 1,08 m^3	39% 2,49m^3 a 1,53 m^3	-	-	-	-

Nota. El cuadro resume los valores obtenidos para cada investigación

Al respecto, Sauve y Van Acker (2020), emplearon en su análisis de impacto ambiental realizado para el manejo de RR. SS. en Europa el análisis de ciclo de vida dentro de un relleno sanitario donde se obtuvieron distintos escenarios, a nivel general la reducción más importante en la categoría de cambio climático (huella de carbono) fue entre 841 y 124 $kg\ CO_2\ eq$ (reducción del 84% aproximadamente). Deus et al. (2020) elaboraron un indicador con el objetivo de medir el impacto ambiental de la gestión de RSM en municipios de Sao Paulo, Brasil donde se demostró que la generación promedio de residuos para los distritos evaluados fue de 223,89 kg por habitante al año; y con esto las emisiones fueron en promedio de 0,166 $kg\ CO_2\ eq$ por habitante al año. Coaquira y Vilca (2022) realizaron un ACV en Ciudad Nueva, Tacna. Donde mediante la ISO 14040, ArcGis y OpenLCA la existencia y cuantificación de impactos ambientales de la gestión de RR. SS.. Estos fueron de $2{,}615 \times e^4 kg\ CO_2\ eq$ anual en la etapa de recojo/transporte y de $14{,}328 \times e^3 kg\ CO_2\ eq$ anual en la etapa de disposición final. En Ghana, Kanhai et al. (2021) realizaron un análisis prospectivo de modelamientos de contaminación atmosférica generados por la gestión de RSM e impactos a la salud mediante el planteamiento de dos escenarios distintos y uno (BAU), y el modelamiento Robust Uniform World Model y datos de mortalidad de $PM_{2.5}$ hasta 2030. Los resultados muestran una disminución de ambos escenarios en cuanto las toneladas de $CO2\ eq$ al año 2030 (E1: 190,455 tn, E2: 390,220 tn, BAU: 406,337 tn), en cuanto a la concentración de PM2.5 los valores anuales en 2030 fueron de 1432 tn/año, 3,25 ug/m3 PM2.5 y 127 muertes prematuras en promedio (BAU); 86 tn/año, 0,19 ug/m3 PM2.5 y 7 muertes prematuras en promedio (E1); y 1435 tn/año, 3,25 ug/m3 PM2.5 y 128 muertes prematuras en promedio (E2).

En cuanto al primer estudio en comparación, Sauve y Van Acker (2020), emplearon un análisis de escenarios en base a la composición de los RR. SS. Además, consideró factores que condicionan los impactos ambientales de la GRSM (composición, tipo de gestión, factores climatológicos). En adición, los valores de los indicadores de gestión de RR. SS. (disposición de RR. SS. en relleno sanitario, generación de RR. SS. per cápita, entre otros) empleados para estimar los impactos en Europa fueron mucho más altos que los valores para los seis distritos evaluados en la presente investigación, por lo cual los resultados fueron distintos (mucho más elevados). En el caso brasileño este difiere porque emplearon un modelo de reducción de residuos y la construcción de indicadores agregados, también se empleó una fase de selección de municipios para la cual emplearon una metodología basada en la conveniencia y la accesibilidad a la información pues de los 273 municipios

que podían emplear solo fueron utilizados 150 de estos debido a falta de información o la antigüedad de la información disponible.

En el caso de la presente investigación que en el presente caso se emplearon escenarios para obtener los inputs de una proyección prospectiva de la implementación de la norma ISO 14001 y solo se emplearon indicadores compuestos de la gestión de RR. SS. obtenidos del SINIA mas no de factores de condicionamiento. En adición, el caso brasileño difiere del peruano debido al modelo de reducción. En el caso peruano se emplea la ISO 14001 y la ISO 59004 (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2024) (Economía Circular), donde presentan más ejes de alcance y enfoque de esfuerzos. Este puede ser un factor clave en cuanto a las cantidades que se hayan reducido, pues el enfoque empleado por el caso brasileño solo presenta un eje de trabajo el cual busca reducir los residuos, las certificaciones mencionadas durante todo el documento son más completas y complejas, motivos por el cual sus progresos en cuanto a indicadores son más lentos, pero sostenibles en el tiempo y con enfoque de mejora continua. Finalmente. ambos emplean la conveniencia y accesibilidad, pero emplean una metodología distinta y evalúan distintas cantidades de población (150 municipios contra 9 municipios).

En el escenario tacneño midieron los impactos de un distrito de la provincia mencionada mediante una fusión de metodología ISO, con un servidor abierto de análisis de ciclo de vida y ArcGis. Con ello generaron 26 toneladas de dióxido de carbono anuales para recojo y transporte y 14 para la disposición final. Primeramente, se debe recalcar que los resultados en comparación a los nuestros difieren en gran magnitud, ya que Tacna presenta una menor densidad poblacional que Lima Metropolitana; además, el enfoque de análisis de ciclo de vida abarca todos los procesos complementarios en el recojo, transporte y disposición; en el presente estudio solo se miden los impactos generados por la cantidad de RSM dispuestos en relleno sanitario y el servicio de recojo del camión colector. Si bien ambos casos presentan factores sociopolíticos similares, existen variables que generan diferencias considerables.

En el caso de Ghana, se realizó un análisis prospectivo de contaminación atmosférica planteando dos escenarios a comparar con un escenario BAU, el primero escenario redujo la quema de residuos a cielo abierto y el segundo escenario incrementó el compostaje y reciclaje. Además, ambos escenarios fueron planteados hasta 2030. Los resultados muestran una disminución de ambos escenarios en cuanto las toneladas de $CO2\ eq$ al año

2030 de 16 tn y 216 tn aproximadamente para cada escenario y 120 muertes prematuras. Frente a ello, el presente estudio presenta datos más reducidos, pero que demuestran una reducción significativa del dióxido de carbono (60% en promedio de ambos casos). Si bien los datos del estudio de Ghana se ven más resaltantes, se debe a que es estudio fue realizado con un mayor radio de recolección de datos, ya que en el presente estudio solo se consideraron 9 municipios. Asimismo, exhibe que la problemática de los impactos ambientales y a la salud no son alarmantes en países tercermundistas de América, sino en todos los países que no cuentan con herramientas, tecnologías y/o políticas que respalden y garanticen un trabajo coordinado el cual pueda tomar medidas eficientes para mitigar los efectos generados.

En un distrito de Tacna, empleando la ISO 14040 y otros sistemas de respaldo obtuvieron reducciones de $2{,}615 \times e^4 kg\ CO_2\ eq$ anual en la etapa de recojo/transporte y de $14{,}328 \times e^3 kg\ CO_2\ eq$ anual en la etapa de disposición final. Estos resultados si se asemejan más a nuestro contexto. Esto se debe principalmente a la similitud en cuanto a cultura, poblaciones políticas, entre otros. Aunque el presente estudio al emplear más una metodología de ACV recoge una mayor fuente de emisiones contaminantes a lo largo del proceso y subprocesos inmersos en la recolección, transporte y disposición de RSM, ya que, si bien los RR. SS. generados por el presente estudio son mayores a los del caso tacneño, estos presentan un análisis más complejo presentando todos los pasos tal como lo señala la metodología ISO de análisis de ciclo de vida.

Por la parte socioeconómica, Pinto Tique (2021) indicó que los resultados obtenidos fueron positivos, pues los beneficios que se pueden obtener son mayores que los costos en que se pueden incurrir como implementación, certificación y mantenimiento obteniendo un TIR del 17%. Así mismo, contar con esta certificación hace que la entidad tenga un impacto favorable sobre la eficiencia y el crecimiento. En el caso en comparación la obtención de un TIR más bajo se debe al enfoque otorgado, si bien el ACB fue el mismo, se emplearon distintas metodologías, pues una fue enfocada a un análisis privado (España) y el caso peruano fue diseñado para ser sostenible y viable socialmente, por ello se empleó la metodología de costos evitados. Además, difieren en las implicancias y aplicaciones de este, pues el estudio en comparación tiene resultados concretos como los beneficios obtenidos; sin embargo, el caso peruano es una proyección y estimación de la posibilidad de certificar a las municipalidades, por lo cual no se evidencian beneficios concretos.

En Canadá, Radhakrishnan et al. (2025) realizaron un ACB para la restauración de humedales mediante un método de emergía (valor energético incorporado). En el presente caso se buscó transformar los impactos generados en Jules empleados para darle un valor económico. Si bien este método emplea la energía como alternativa útil de valorización económica, el beneficio económico que se otorgue puede estar condicionada a las políticas energéticas del país donde se aplica, así como las tarifas energéticas de la propia nación, es por ello por lo que el caso canadiense obtuvo un valor de VAN de $ 3,7 millones en 10 años, mientras que el presente estudio obtuvo un valor mayor a $ 4,3 billones en 5 años. A esto también se añade la diferencia en beneficio económico que puede otorgar la mejora de un humedal y la de un sistema de gestión de RR. SS., ya que en cuanto a las dimensiones sociales que abarca, la gestión es mayor al humedal.

Finalmente, O'Mahony (2021) menciona la importancia de la brecha temporal que debe considerarse para realizar una correcta valoración debe ser una igual o mayor a 100 años. El no aplicarlo podría no evidenciar en su totalidad los impactos positivos o negativos que se generarían y acumularían al largo plazo. Es por ello, que se considera que los impactos reducidos y los beneficios sociales obtenidos por una reducción en el nivel de desempeño de la gestión de RSM obtenidos en la presente investigación presentarían números más significativos si se extiende el rango de tiempo de evaluación.

Dentro de las limitaciones que se han podido identificar, en primer lugar, está la falta de información traducida en datos estadísticos sobre la gestión de RR. SS. a nivel distrital. En la mayoría de los portales los datos estadísticos sobre la gestión de RR. SS. son a nivel nacional o regional. Esto dificulta el procesamiento y la obtención de datos. Asimismo, el que Perú no cuente con un método de categorización ambiental municipal generó muchas más limitaciones, pues fue necesario adaptar distintas metodologías para generar una nueva bajo la cual se pueda diseñar una categorización con fundamento técnico. Es por esto mismo, que se considera que pueden presentarse ciertos errores en cuanto la adecuación de las metodologías. Por su parte, es posible que si se evaluaran más indicadores se podría realizar un análisis más completo considerando un enfoque más holístico que el propuesto en esta investigación.

Para hallar el coeficiente y el cumplimiento de requisitos, si bien el desarrollo y obtención de los resultados fue exitoso se presentaron limitaciones como la falta de información sobre este tema, es decir, que no existen en las fuentes de información científica investigaciones

que realicen este tipo de análisis. Como sucedió en el objetivo anterior, la falta de metodologías para desarrollar el match planteado entre el nivel de desempeño y cumplimiento de requisitos nos llevó a adaptar metodologías y procedimientos para realizar procesos complejos en los que se pudo obtener satisfactoriamente resultados óptimos. Por último, el acceso a las normas de certificación internacional es limitado, en muchos casos es de pago previo, por lo cual representó una barrera económica al inicio para poder acceder a este contenido.

En la estimación de impactos ambientales y sociales se presentó como principal limitación la falta de datos limpios y traducidos de forma que sean fáciles de comprender y que su uso en futuras investigaciones sea más fluido. Adicionalmente, la falta de información de costos por enfermedades y la falta de información sobre las tendencias de las distintas enfermedades a lo largo de los años dificultó un poco el método de costos estimado dentro del ACB social. En adición, la falta de información libre sobre los cotos de consultas médicas en distintas especialidades tanto en clínica como hospitales retraso la obtención de los datos obtenidos. Asimismo, al obtener alguno de los datos de tercero y no necesariamente de la página del centro de salud puede que otorgue cierto grado de desconfianza a los montos obtenidos. No obstante, el 95% de estos datos fueron extraídos de los portales web.

Es importante destacar que, si bien el presente estudio adopta un enfoque técnico-ambiental, sí se han incorporado elementos de análisis político-institucional, presupuestal y de gobernanza como componentes fundamentales del diagnóstico de desempeño municipal. Esta integración responde al reconocimiento de que la gestión de RR. SS. no puede evaluarse únicamente desde variables operacionales, sino que requiere considerar dimensiones que reflejan las capacidades institucionales y el contexto sociopolítico de cada municipalidad.

La evaluación del nivel de desempeño municipal incorporó dos indicadores con fuerte componente político-institucional y presupuestal: la cobertura de arbitrios per cápita en función del presupuesto para la GIRS, y el presupuesto per cápita destinado a la gestión integral de RR. SS. Estos indicadores no son meramente técnicos, sino que reflejan capacidades críticas de gobernanza municipal.

El presupuesto per cápita para la GIRS constituye un indicador directo de la priorización política que cada municipalidad otorga a la gestión de residuos frente a otras necesidades competitivas como seguridad, infraestructura o servicios sociales. Las diferencias encontradas entre estratos (con municipalidades del estrato A mostrando mayor asignación presupuestal per cápita) evidencian que el desempeño no depende únicamente de capacidades técnicas, sino también de decisiones de asignación de recursos que son fundamentalmente políticas. Este hallazgo valida la pertinencia de incluir variables presupuestales como componente del diagnóstico integral.

Por su parte, la cobertura de arbitrios representa un indicador de gobernanza fiscal municipal, reflejando tanto la capacidad institucional para la recaudación como la disposición ciudadana a financiar servicios de limpieza pública. Como señala Arias (2024), los arbitrios de limpieza pública constituyen un indicador del estado de la gestión en gobiernos locales, con incrementos registrados entre 2.52% y 30% en Lima Metropolitana. La variabilidad en cobertura de arbitrios entre municipalidades evidencia diferencias en la relación gobierno local-ciudadanía, un aspecto central de la gobernanza ambiental.

El estudio incorporó análisis de coordinación intergubernamental y marcos normativos al evaluar el cumplimiento de requisitos de certificación ambiental. La matriz de Revisión Ambiental Inicial (RAI) empleada incluye específicamente el requisito de contexto de la organización, que evalúa líneas estratégicas considerando stakeholders, alcance del sistema de gestión, y mecanismos de comunicación interna y externa. Este componente reconoce que la gestión municipal no opera de manera aislada, sino en articulación con múltiples actores: gobierno central (mediante normativa sectorial), empresas operadoras de residuos, recicladores formales e informales, y ciudadanía organizada.

Adicionalmente, el análisis prospectivo de escenarios incorporó criterios exógenos que reflejan dimensiones de gobernanza: marco normativo, contexto socioeconómico, factores socioculturales y de educación (incluyendo concientización ciudadana en segregación), y accesibilidad a tecnología e información. El escenario Business as Usual, por ejemplo, asume legislación eficiente, pero con aplicación limitada e informalidad en etapas de reciclaje, reconociendo explícitamente la brecha entre marcos normativos formales y su implementación real, aspecto central en estudios de gobernanza ambiental.

La consideración de participación ciudadana aparece tanto en el marco teórico al citar antecedentes que identifican "baja participación ciudadana en programas de reciclaje" como problema estructural (Salazar-Rodríguez & Hernández-Diego, 2018), como en la propia matriz RAI que evalúa mecanismos de comunicación externa y consideración de stakeholders en la planificación organizacional. Asimismo, se reconoce en el análisis de antecedentes que factores como "liderazgo político, asignación de presupuesto y capacidad técnica-operativa son factores clave para mejorar el desempeño ambiental", validando la interrelación entre dimensiones técnicas y político-institucionales.

Lejos de constituir una limitación, el enfoque técnico-ambiental adoptado representa un posicionamiento metodológico estratégico que establece bases para investigaciones posteriores. La cuantificación del desempeño técnico, su correlación con los requisitos de certificación, y la proyección de impactos constituyen el fundamento necesario sobre el cual pueden construirse análisis de mayor profundidad en dimensiones político-institucionales y de gobernanza que, por su naturaleza cualitativa y contextual, requieren metodologías específicas. Este estudio no omite aspectos de gobernanza, sino que los incorpora en la medida en que resultan cuantificables y operables como indicadores de desempeño (presupuesto, arbitrios, coordinación con stakeholders, marcos normativos). Al mismo tiempo, reconoce que dimensiones más profundas de análisis político-institucional requieren aproximaciones complementarias desde ciencias políticas, administración pública y sociología organizacional.

El valor de esta investigación radica en demostrar que las dimensiones técnicas, económicas, políticas e institucionales están intrínsecamente interrelacionadas. Las municipalidades con mayor asignación presupuestal (decisión política) muestran mejor desempeño técnico; aquellas con mejor cumplimiento de requisitos normativos (capacidad institucional) logran mayor efectividad operacional; los escenarios prospectivos dependen tanto de inversiones técnicas como de factores socioculturales y normativos.

Por tanto, este estudio constituye un punto de partida integral que combina rigurosidad técnica con reconocimiento explícito de dimensiones político-institucionales, estableciendo una plataforma sólida para el desarrollo de investigaciones complementarias que profundicen en aspectos de gobernanza multinivel, economía política municipal, participación ciudadana y construcción de consensos multiactor, todo ello orientado hacia la mejora real y sostenible de la gestión de RR. SS. en Lima Metropolitana.

Conclusiones y recomendaciones

La mayoría de las municipalidades de Lima Metropolitana presentan un desempeño deficiente en la gestión de RR. SS.. De las 43 municipalidades evaluadas, solo 5 se clasificaron en el estrato A (desempeño moderado), 16 en el estrato B (desempeño bajo) y 22 en el estrato C (desempeño muy bajo), con un desempeño promedio general de 52.80%. Esta situación evidencia una brecha crítica con implicancias ambientales y sanitarias significativas. La metodología aplicada resulta replicable a nivel nacional, permitiendo clasificar y evaluar otros municipios para orientar mejoras en sus sistemas de gestión.

Se identificó una correlación indirecta y estadísticamente significativa (r=0.71) entre el nivel de desempeño municipal y el cumplimiento de requisitos de certificación ambiental. El cumplimiento promedio alcanzó 57.47%, evidenciando que, a mayor desempeño en la gestión de RR. SS., mayor es la adherencia a estándares internacionales como ISO 14001 e ISO 59004. Este hallazgo demuestra que los requisitos de certificación pueden emplearse como marcos de referencia técnica para mejorar la gestión municipal, independientemente de si se persigue la certificación formal.

La incorporación de certificaciones ambientales permitiría reducir impactos negativos de manera significativa en un horizonte de cinco años. Los escenarios proyectados demostraron reducciones en consumo de combustible, generación de residuos, disposición final en rellenos sanitarios, huella de carbono y consumo hídrico, junto con incrementos sustanciales en valorización de residuos orgánicos e inorgánicos. Aunque los beneficios por vivienda puedan parecer limitados individualmente, su efecto agregado a nivel metropolitano es significativo.

El análisis costo-beneficio (ACB) confirma la viabilidad técnica, económica y social de implementar mejoras alineadas con estándares de certificación ambiental, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 16% y beneficios netos positivos. A diferencia de estudios internacionales centrados exclusivamente en aspectos técnicos, esta investigación incorpora el componente social como eje estratégico, reconociendo que la gestión eficiente de residuos constituye una prioridad ambiental y de salud pública. En ese sentido, se recomienda que el Ministerio del Ambiente (MINAM) evalúe implementar un programa nacional de incentivos técnicos y financieros dirigido a municipalidades que inicien

procesos de certificación ISO 14001, priorizando aquellas con menor desempeño identificadas en el presente estudio.

Este estudio sienta bases técnicas y científicas para la toma de decisiones informadas por parte de autoridades políticas, planificadores urbanos y gestores ambientales, sin prescribir soluciones únicas ni proponer reformas de implementación inmediata. La adopción de mejores prácticas en gestión de RR. SS. requiere no solo factibilidad técnica y económica aspectos abordados en esta investigación sino también voluntad política, capacidad institucional y recursos presupuestales sostenidos, elementos que deberán ser objeto de análisis complementarios.

Previo al inicio de cualquier proceso de certificación, se recomienda que las municipalidades desarrollen una línea base integral de gestión de RR. SS. que constituya como un punto de partida. Esta línea base debería comprender: el levantamiento y sistematización de datos históricos de generación, recolección y disposición final de residuos; el análisis tendencias y brechas operativas; la identificación detallada de la inversión asociada a cada etapa del ciclo de gestión; el mapeo exhaustivo del marco normativo aplicable, incluyendo las disposiciones del Decreto Legislativo N°1278 y sus modificatorias, así como los vacíos legales que limitan la acción municipal; y el diagnóstico de fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora mediante herramientas como el análisis FODA o la matriz de madurez organizacional. Esta información permitirá diseñar planes de mejora continua que optimicen el sistema de gestión, reduzcan los costos de implementación y aceleren la percepción de beneficios concretos en la ciudadanía, como la mejora en la salubridad y la reducción de RR. SS.

No obstante, es fundamental considerar que la mejora de la gestión de residuos sólidos en las municipalidades de Lima Metropolitana enfrenta limitantes normativas y políticas que restringen su efectividad. Entre ellas destacan la fragmentación institucional entre niveles de gobierno, la insuficiente articulación con el sector privado y recicladores informales, así como la falta de mecanismos claros de financiamiento sostenible. El marco normativo vigente, encabezado por el Decreto Legislativo N°1278 y sus modificatorias, presenta vacíos en la definición de competencias y en la fiscalización de su cumplimiento, lo que genera duplicidad de funciones y baja capacidad de control. A nivel político, la alta rotación de autoridades municipales y la ausencia de continuidad en las políticas públicas dificultan la implementación de planes de largo plazo, mientras que la priorización

presupuestal suele favorecer proyectos visibles de infraestructura antes que inversiones en sistemas de gestión ambiental. Estas limitaciones estructurales deben ser abordadas mediante reformas regulatorias, fortalecimiento institucional y programas de gobernanza participativa que aseguren estabilidad y coherencia en la gestión de residuos sólidos.

Se recomienda implementar un programa piloto de certificación ambiental en las tres municipalidades con mayor desempeño identificadas en el presente estudio, a fin de validar el modelo propuesto en un contexto real, documentar las lecciones aprendidas y generar evidencia empírica que sirva de referencia para su replicación progresiva en los demás distritos de Lima Metropolitana. Este enfoque gradual permitirá reducir la incertidumbre asociada a la implementación, ajustar la metodología según las particularidades de cada municipio y construir capacidades institucionales locales antes de escalar el proceso a nivel metropolitano.

Finalmente, se recomienda promover investigaciones futuras que complementen el análisis técnico-ambiental con aproximaciones desde ciencias políticas (economía política de la gestión municipal, priorización presupuestal), administración pública (capacidades institucionales, gestión del cambio organizacional), economía (modelos de financiamiento innovador, bonos verdes, asociaciones público-privadas) y gobernanza ambiental (participación ciudadana, articulación con recicladores informales, transparencia y rendición de cuentas). Estas investigaciones permitirán construir conocimiento integral que facilite mejoras reales y sostenibles en la gestión de RR. SS.

6 Referencias

Adetunji, A. I., Oberholster, P. J., & Erasmus, M. (2023). From garbage to treasure: A review on biorefinery of organic solid wastes into valuable biobased products. *Bioresource Technology Reports*, *24,* 101610. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101610

Aguilar, T., Vitale, J. A., Aceituno, P., Saavedra, M. A., Lema, F., Becerra, L., Cao, H., Cao, L., D'Annunzio, M., & Fernández, J. (2018). *La planificación y la prospectiva, hoy: Innovaciones para el fortalecimiento de la capacidad de gobernar y para la toma de decisiones*. Tatiana L. Aguilar Torrico. https://www.aacademica.org/tatiana.lena.aguilar.torrico/2

Alianza Gaia. (2021). *Estudio de caso: Estrategia basura cero Santa Juana*. Fundación El Árbol.

Araque Arellano, M., Avilés Sacoto, E., Castro Salvador, P., Vásconez Cruz, M., Álvarez Pulupa, D., Cuarán Sarzosa, F., & García Tumipamba, D. (2018). *Gestión ambiental en la empresa mediante la Norma ISO 14001-2015*. Ediciones Abya-Yala / Universidad Politécnica Salesiana. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17067/1/Gestion%20ambiental%20en%20la%20empresa%20mediante%20la%20Norma%20ISO.pdf

Arias Schereiber, F. (2024). *Arbitrios 2024: estos son los nuevos costos en el pago de impuestos en los distritos de Lima y Callao.* INFOBAE. Recuperado el 30 de enero de 2026, de https://www.infobae.com/peru/2024/01/06/pago-de-arbitrios-aumentara-en-40-municipalidades-de-lima-y-callao-conoce-en-que-distritos-y-cual-es-el-porcentaje/

Asociación Española de Normalización y Certificación. (s.f.). *Certificación de la Estrategia y Proyectos de Economía Circular*. AENOR transformación y confianza. Recuperado el 20 de mayo de 2026, de https://www.aenor.com/certificacion/empresas/medio-ambiente/estrategia-economia-circular

Baindu Gobio-Thomas, L., Darwish, M., & Stojceska, V. (2023). Review on the economic impacts of solar thermal power plants. *Thermal Science and Engineering Progress*, *46*, 102224. https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.102224

Bautista Pino, E. L. (2020). *Gestión de residuos sólidos y la calidad de vida de los pobladores de la ciudad de Casma - 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44979

British Standards Institution. (s.f.). *ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental (SGA)*. BSI Group. Recuperado el 16 de agosto de 2026, de https://www.bsigroup.com/es-PE/gestion-medioambiental-iso-14001/

Camilleri, M. (2022). The rationale for ISO 14001 certification: A systematic review and a cost–benefit analysis. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, *29*(4), 1067–1083. https://doi.org/10.1002/csr.2254

Caner, D., & Süleyman, E. (2023). Do air quality and green space reduce propensity to crime?: an empirical investigation of OECD countries. *Management of Environmental Quality*, *34*(2), 351–367. https://doi.org/10.1108/MEQ-08-2022-0235

Carrillo, R., Fort, F., & Parras-Rosa, M. (2020). Motives, Barriers, and Expected Benefits of ISO 14001 in the Agri-Food Sector. *Sustainability*, *12*(5), Artículo 1724. https://doi.org/10.3390/su12051724

Castillo, D., Sánchez, P., & Ramírez, J. (2018). Compromiso ambiental, desempeño ambiental y desempeño: un estudio exploratorio en hoteles de tres, cuatro y cinco estrellas de cinco entidades de México. *CIENCIA Ergo-Sum*, *26*(2), 1-13. https://doi.org/10.30878/ces.v26n2a5

Change Management Hub. (2025). *Understanding the real cost of ISO 14001 certification for your organization*. Recuperado el 16 de agosto de 2026, de https://www.change-management-hub.com/blog/understanding-the-real-cost-of-iso-14001-certification-for-your-organization

Chiarella Horna, H. (2018). *Evaluación del proceso de Certificación Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.* [Tesis de maestría, Escuela Superior de Guerra Naval]. Repositorio Institucional ESUP. https://repositorio.esup.edu.pe/handle/20.500.12927/263

Coaquira Nina, W. J., & Vilca Bustincio, I. (2022). *Impactos ambientales generados por el sistema de gestión de residuos sólidos del distrito de Ciudad Nueva: na aplicación del análisis de ciclo de vida* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2688

Collantes Flores, V. l., Ezeta Canales, C. J., & Rodríguez Velásquez, M. A. (2019). *Índice de progreso social del distrito de Pucusana* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/items/1b67d84d-2211-479d-b604-be29ffb557f4

Comisión Nacional del Medio Ambiente. (1997). *Metodología para el análisis de costos y beneficios de planes y normas ambientales: Estudio AGIES.* Newtenberg.

Concha Challco, C. F., & Merma Vargas, L. Q. (2021). *Evaluación de los riesgos ambientales en la gestión de residuos sólidos de la Municipalidad Distrital de Huayllabamba, Urubamba, Cusco 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://hdl.handle.net/20.500.12692/73788

Cook, E., Ionkova, K., Bhada-Tata, P., Yadav, S., & Van Woerden, F. (2026). *What a Waste 3.0: Global Snapshot of Solid Waste Management Toward Circularity until 2050*. World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-2309-1

D'Alessio Ipinza, F. (2008). *El proceso estratégico: Un enfoque de gerencia.* Pearson Educación. https://www.academia.edu/42892168/EL_PROCESO_ESTRATEGICO_DALESSIO

De la Fuente, F. (2023, agosto). *¿Cuáles son las comunas con mayor tasa de valorización de Residuos Orgánicos?* LinkedIn. https://www.linkedin.com/pulse/cu%C3%A1les-

son-las-comunas-con-mayor-tasa-de-valorizaci%C3%B3n-felipe?originalSubdomain=es

Decreto Legislativo 1278. (2016). *Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Presidencia de la República.

Defensoría del Pueblo. (2022a, 25 de agosto). *Defensoría del Pueblo pide a autoridades ediles garantizar adecuado manejo de los residuos sólidos* [Nota de Prensa N° 548/OCII/DP/2022]. https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/NP-548-2022-Acumulaci%C3%B3n-de-residuos-s%C3%B3lidos.pdf

Defensoría del Pueblo. (2022b, 23 de junio). *Defensoría del Pueblo demanda clausura inmediata del botadero Pampas de Reque de Chiclayo* [Nota de Prensa]. Recuperado el 9 de septiembre de 2022, de https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-clausura-inmediata-del-botadero-pambas-de-reque-de-chiclayo/

Deus, R. M., Mele, F. D., Bezerra, B. S., & Battistelle, R. A. G. (2020). A municipal solid waste indicator for environmental impact: Assessment and identification of best management practices. *Journal of Cleaner Production*, *242,* Artículo 118433. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118433

Díaz, J. (2022, 25 de noviembre). *Contaminación: calles de Trujillo acumulan 1,000 toneladas de basura sin ser recogidas.* [Nota de prensa]. https://andina.pe/agencia/noticia-contaminacion-calles-trujillo-acumulan-1000-toneladas-basura-sin-ser-recogidas-919140.aspx

Diez Torricelli, J. (2025). Environmental management performance evaluation of six municipalities in Lima, Peru (2023). Comparative analysis according to ISO 14001:2015 standard. *Revista PENSUM, 11(*14), 59–80. https://doi.org/10.59047/2469.0724.v11.n14.46967

DW Documental. (2023, 5 de septiembre). *Gestión de residuos en Rumania - ¿Dónde terminan las subvenciones de la UE?* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=1dTx0FeV5cA

Espinoza Jaimes, V. R. (2024). *Implementación de un sistema de gestión ambiental según la Norma ISO 14001:2015, para el manejo adecuado de los residuos sólidos de la Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad Provincial de Huari – 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio institucional UNJFSC. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/8880/Tesis-Vandame%20REJ.-pdf-2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Euroinnova. (2021). *¿Qué es normatividad ambiental*? Euroinnova International Online Education. Recuperado el 20 de abril de 2025, de https://www.euroinnova.pe/blog/que-es-normatividad-ambiental

FasterCapital. (2026, 27 de agosto). *Análisis Costo Beneficio en Medio Ambiente Como Incorporar los Costos y Beneficios Ambientales de su Proyecto*. Recuperado el 27 de agosto de 2026, de https://fastercapital.com/es/contenido/Analisis-Costo-Beneficio-en-Medio-Ambiente--Como-Incorporar-los-Costos-y-Beneficios-Ambientales-de-su-Proyecto.html

Finacoteca. (2020, 4 de junio). *El horizonte temporal más adecuado para nuestro análisis.* Recuperado el 20 de abril de 2025, de https://finacoteca.com/el-horizonte-temporal/

Food and Agriculture Organization (2008). *Guía para la certificación de municipalidades con gestión ambiental local para el desarrollo sostenible - Certificación GALS 2008*.

Ghanbarzadeh Lak, M., Gheybi, M. J., & Chehreghani, S. (2025). Application of the modified RIAM method in assessing the environmental impact of municipal solid waste management scenarios (A case study). *Heliyon, 11*(2), Artículo e41808. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41808

Google. (s.f.*).* [Street View Avenida Los Álamos]. Recuperado el 20 de mayo de 2026, de https://earth.app.goo.gl/?apn=com.google.earth&isi=293622097&ius=googleearth&l

ink=https%3a%2f%2fearth.google.com%2fweb%2fsearch%2fAvenida%2blos%2b%25c3%2581lamos,%2bSan%2bJuan%2bde%2bMiraflores%2f%40-12.16344941,-76.98175208,73.65167999a,0d,60y,327.66706584h,78.44530465t,0r%2fdata%3dCpoBGmwSZgolMHg5MTA1Yjg0OGE3YTUxMDI5OjB4N2Y5ODU5MjgyY2IxMGMxYRmxpNx9jlMowCEng6Pk1T5TwCorQXZlbmlkYSBsb3Mgw4FsYW1vcywgU2FuIEp1YW4gZGUgTWlyYWZsb3JlcxgBIAEiJgokCXLcViII1DJAEXHcViII1DLAGUWPSGCQmEhAIWZAIeUWJ0nAQgIIASIaChZicWJYaHZTWGNtV29BcnF6SDZKMWFREAI6AwoBMEICCABKDQj 8BEAA

Grupo Empresarial EBC. (s.f.). *Certificación de Cero Residuos*. SCS Global Services. Recuperado el 20 de mayo de 2024, de https://es.scsglobalservices.com/services/zero-waste-certification

Guevara Vilchez, B. (2021). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario en el distrito de Chambará* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional de la Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10243

Gutiérrez, E., García, T., Roca, K., & Valiente, Y. (2024). Gestión de residuos sólidos y la contaminación ambiental en el sector urbano. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, *9*(17), Artículo 3156. https://doi.org/10.35381/r.k.v8i17.3156

Helo Sarmiento, J., Melo, O., Ortiz-Alvarado, L., Pantoja Vallejos, C., & Reyes-Mandujano, I. F. (2023). Economic impacts associated with the health effects of climate change in South America: a scoping review. *The Lancet Regional Health - Americas*, *26*, 100606. https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100606

Herrera Monsalva, O. (2017). *Análisis del cumplimiento del Sistema de Certificación Ambiental Municipal, según la perspectiva de los Líderes Sociales de la Comuna de Quilpué* [Tesis de licenciatura, Universidad de Valparaíso]. Repositorio Institucional de la Universidad de Valparaíso. http://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvscl/2961

Iberico Bertta, M. B. (2022). *Propuesta para reducir el consumo de combustible a través de la metodología DMAIC en remolcadores*. [Tesis de licenciatura, Universidad San

Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional USIL. https://hdl.handle.net/20.500.14005/14052

JMP Statistical Discovery. (s.f.). *Coeficiente de correlación*. Recuperado el 26 de agosto de 2026, de https://www.jmp.com/es/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-coefficient

Johnstone, K. (2026, 19 de agosto). How Much Does ISO Certification Cost? Be Certified. Recuperado el 23 de agosto de 2026, de https://becertified.com/news/how-much-does-iso-certification-cost/

Kanhai, G., Fobil, J., Nartey, B., Spadaro, J., & Mudu, P. (2021). Urban Municipal Solid Waste management: Modeling air pollution scenarios and health impacts in the case of Accra, Ghana. *Waste Management*, *123*, 15–22. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.005

Lalinde, J. D. H., Castro, J. F. E., Tarazona, M. E. P., Rodriguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., Sierra, S. M. C., & Pirela, V. J. B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *AVFT – Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, *37*(5), 587-594. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_aavft/article/view/16165

Lima Cómo Vamos. (2023, 18 de mayo). *Ranking Portales de Transparencia en municipalidades de Lima Metropolitana y Callao 2022*. https://www.limacomovamos.org/noticias/rankingpte2022/

Llanos Albán, J. E., & Ramirez Sucso, C. L. (2020). *Propuesta de un Sistema de Gestión Integral de residuos sólidos mediante logística inversa y herramientas de calidad para controlar y asegurar la sostenibilidad del medio ambiente en el Centro Comercial Megaplaza* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654980

Lozano Lozano, J. P., & Morocho Medina, R. A. (2025). Enfoque de economía circular en la gestión de residuos sólidos en el Centro de Gestión Integral Sostenible de Loja.

Impulso, Revista de Administración, 5(9), 51-67. https://doi.org/10.59659/impulso.v.5i9.69

Marín Valencia, A. E. (2011). *Formulación del plan de acción ambiental para la gestión ambiental empresarial en Solomoflex Industrias & Manufacturas* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional UTP. https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/dbc9bc52-c700-4ed0-b94b-1a2dba34b162

Ministerio de Economía y Finanzas. (2024). *El ciclo de inversión*. Gobierno Del Perú. https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100282&lang=es-ES&view=article&id=5520

Ministerio de Salud. (2019, 20 de agosto). *La acumulación de residuos sólidos puede generar afectaciones a la salud de la población* [Nota de prensa]. https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/49954-la-acumulacion-de-residuos-solidos-puede-generar-afectaciones-a-la-salud-de-lapoblacion

Ministerio del Ambiente. (2009). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf

Ministerio del Ambiente. (2017). *Política Nacional del Ambiente.* https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Pol%C3%ADtica-Nacional-del-Ambiente.pdf

Ministerio del Ambiente. (2018a). *Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos Conocimientos científicos básicos* . https://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/2Primaria/m2_primaria_sesion_aprendizaje/Sesion_5_Primaria_Grado_6_RESIDUOS_SOLIDOS_ANEXO4.pdf

Ministerio del Ambiente. (2018b). *Contaminación por residuos sólidos*. https://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/2Primaria

Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Informes dinámicos 2023-2024 Sistema de Información para la Gestión de los Residuos Sólidos*. Recuperado el 19 de julio de 2025, de https://site2.minam.gob.pe/informes-din%C3%A1micos

Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Manual de sistema de certificación ambiental municipal*. https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/MANUAL-SCAM-2017.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Estrategias locales para la minimización de residuos: Diez experiencias municipales exitosas de la región Metropolitana*. https://santiagorecicla.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/04/Experiencias-municipales-FINAL-2018-11-25-pliegos.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2023). *Sistema de Certificación Ambiental Municipal. Educación ambiental y participación ciudadana.* Recuperado el 13 de febrero de 2024, de https://educacion.mma.gob.cl/gestion-local/sistema-de-certificacion-ambiental-municipal/

Municipalidad Metropolitana de Lima. (2013). *Proyecto Ordenanza que establece el procedimiento de otorgamiento de la certificación ambiental y los procedimientos de fiscalización ambiental bajo competencia de la Municipalidad Metropolitana de Lima*. https://www.munlima.gob.pe/images/descargas/eje-ambiental/PROYECTOS-DE-ORDENANZAS-AMBIENTALES/Proyecto-Ordenanza-Certificacion-y-Fiscalizacion-Ambiental.pdf

Navarro Martínez, M. M. (2022). *Gestión de residuos sólidos y conciencia ambiental en pobladores de un distrito de la Región Piura, 2022* [Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93170

O'Mahony, T. (2021). Cost-Benefit Analysis and the environment: The time horizon is of the essence. *Environmental Impact Assessment Review*, *89*, Artículo 106587. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106587

Ordoñez, N., Pérez, A., España, N., Mantilla, J., & Ordoñez, M. (2025). Gestión de residuos sólidos urbanos basada en los principios de la economía circular: una revisión sistemática en América Latina. *Revista de Ciencias Ambientales*, *60*(1), Artículo 4. http://dx.doi.org/10.15359/rca.60-1.4

Organización de las Naciones Unidas. (2018). *Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 09 de septiembre de 2023, de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/

Organización de las Naciones Unidas. (2020, 5 de diciembre). *Guía nacional para identificar puntos críticos de contaminación por plásticos*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado el 9 de setiembre de 2023, https://www.unep.org/es/resources/informe/guia-nacional-para-identificar-puntos-criticos-de-contaminacion-por-plasticos

Organización de las Naciones Unidas. (2024, 28 de febrero). *El mundo debe superar la era de los desechos y convertirlos en recursos: Informe de la ONU*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado el 9 de setiembre de 2023, de https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/el-mundo-debe-superar-la-era-de-los-desechos-y

Organización Internacional de Normalización. (2024). *ISO 59004:2024 Circular economy — Vocabulary, principles and guidance for implementation.* https://www.iso.org/standard/80648.html

Organización Internacional de Normalización. (2026). Sistema de Gestión Ambiental – Requisitos con orientación para su uso (Norma ISO No. 14001:2026). https://www.iso.org/es/norma/14001

Parlamento Europeo. (2023, 24 de mayo). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. Temas Parlamento Europeo. Recuperado el 10 de setiembre de 2023, de https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios

Pérez, E. M. (2021) Impacto socioeconómico y la gestión de los residuos sólidos en el distrito de Moche, Trujillo - 2021. *Campus, 26*(32), *283–294.* https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/revista32/articulo10.pdf

Pinto Tique, D. (2021). *Análisis costo beneficio certificación ISO 14001: Consultoría 1TEG Seguridad S.A.S.* [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás]. CRAI - Repositorio Institucional USTA. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/34412/2021DanielaPinto.pdf

Ponce Flores, G. R. (2021, septiembre). *Proceso de cumplimiento* [Diapositivas de PowerPoint]. ResearchGate. Recuperado el 10 de octubre del 2025, de https://www.researchgate.net/publication/354668904_Proceso_de_cumplimiento

Pontificia Universidad Católica del Perú. (2019, 16 de setiembre). *¿Qué es la economía circular y cuál es su importancia?* Clima de Cambios. Recuperado el 16 de octubre de 2023, de https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/que-es-la-economia-circular-y-cual-es-su-importancia/

Preciado Jeronimo, E. J., & Lara Medina, E. A. (2022). *Principales deficiencias a la aplicación de la política de la gestión de residuos sólidos en Lima y el Callao* [Trabajo de investigación de maestría, Universidad del Pacífico]. Repositorio Institucional UP. https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/3491

Presidencia del Consejo de Ministros. (2021, 6 de agosto). *Lima Metropolitana: información territorial*. Plataforma Digital Única del Estado Peruano. Recuperado el 10 de octubre de 2023, de https://www.gob.pe/institucion/pcm/campa%C3%B1as/4355-lima-metropolitana-informacion-territorial

Pulupa García, P.G., & Quito Sánchez, R. O. (2013). *Propuesta de Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma ISO 14001 para el Gobierno Municipal Autónomo del cantón La Troncal* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. DSpace UPS. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4302/2/UPS-GT000392.pdf

Quispe, J. (2020). Determinación de la Eficiencia en la Gestión de Residuos Sólidos en las Municipalidades Distritales de la Región de Puno - Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 4*(2), 476–512. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.93

Radhakrishnan, V., Selvapathy, P., Garvin, M., Khan, A., Perera, C., Rehman, F., & Hansa, R. (2025). Integrating environmental impacts into Cost-Benefit Analysis using emergy. *Cleaner Energy Systems*, *10,* Artículo 100170. https://doi.org/10.1016/j.cles.2025.100170

Roa Rosales, D. A. (2021). *Análisis prospectivo como alternativa para predecir y/o construir el futuro en el ámbito empresarial: revisión bibliográfica* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga]. Repositorio Institucional UPB. https://repository.upb.edu.co/items/d73acf57-7310-4b1c-bfd5-29ddb03ff9a3

Román Arraiza, C. B. (2021). *Evaluación de impacto ambiental generada por los residuos sólidos según la Ley 27446 en la zona urbana del distrito de Pacaipampa – Ayabaca* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://hdl.handle.net/20.500.12692/86531

Rueda Fernández, M. J. (2019). *Estas certificaciones se basan en la incorporación de criterios medioambientales en procesos de gestión productiva, empresarial y comercial.* Unicaja. Recuperado el 10 de setiembre de 2023, de https://uniblog.unicajabanco.es/certificados-medioambientales---que-son-y-para-que-sirven-

Salazar-Rodríguez, A., & Hernández-Diego, C. (2018). Evaluación de la eficiencia del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 20*(2), 73–102. https://www.redalyc.org/journal/401/40158030009/html/

Sánchez, F. E., & Recalde, A. E. (2024). Gestión de residuos sólidos municipales 2021-2023: Revisión sistemática. *Gestio et Productio,* *6*(11), 246-255. https://doi.org/10.35381/gep.v6i11.187

Sauve, G., & Van Acker, K. (2020). The environmental impacts of municipal solid waste landfills in Europe: A life cycle assessment of proper reference cases to support decision making. *Journal of Environmental Management, 261,* Artículo 110216. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110216

Schenker, V., Kulionis, V., Oberschelp, C., & Pfister, S. (2022). Metals for low-carbon technologies: Environmental impacts and relation to planetary boundaries. *Journal of Cleaner Production*, *372*, Artículo 133620. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133620

Segura, Á., Rojas, L., & Pulido, J. (2020). Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. *Revista Espacios*, *41*(17), 22–31. https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p22.pdf

Sobrino, I. (2024). European waste management regulations in Spanish local administrations: Compliance assessment and integration Frontiers. *Sustainable Development*, *33*(2), 2553–2565. https://doi.org/10.1002/sd.3258

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2021, 4 de junio). *Informe técnico-legal sobre la problemática ambiental de la bahía de Pucusana*. SPDA Actualidad Ambiental. Recuperado el 16 de julio de 2024, de https://www.actualidadambiental.pe/informe-tecnico-legal-problematica-ambiental-de-la-bahia-de-pucusana/

Song, D., Shin, J. H., & Sam, A. G. (2024). Corporate environmentalism and economic performance: examining the effects of ISO 14001 certification on technical efficiency. *Journal of Environmental Planning and Management*, *69*(2), 404–424. https://doi.org/10.1080/09640568.2024.2371567

Tariq, K., & Haruna, K. (2015). *La población mundial en el futuro en cuatro gráficos* [Figura]. World Bank Blogs. Recuperado el 28 de agosto de 2026, de https://blogs.worldbank.org/es/opendata/la-poblacion-mundial-en-el-futuro-en-cuatro-graficos

Tello Espinoza, P. (2018). *Gestión Integral de Residuos sólidos urbanos* . AIDIS. https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf

Toledo, C. B. (2016). *Propuesta de implementación de un Sistema de Gestión Ambiental según ISO 14001:2004, para el Departamento de Limpieza Pública, Residuos Sólidos, Parques y jardines de la Municipalidad Distrital de Taricá* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. Repositorio UNASAM. http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2766

Vera Solano, J., & Cañón Barriga, J. (2018). El valor agregado de un sistema de gestión ambiental más allá de la certificación. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, *16*(1), 86–91. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6939046

Wang, Y., Ou, L., Cai, H., Lee, U., Hawkins, T., & Wang, M. (2025). Business-as-usual municipal solid waste management in the United States: Greenhouse gas implications. *ACS Sustainable Resource Management*, *2*(7), Artículo 4c00474. https://doi.org/10.1021/acssusresmgt.4c00474

Waxin, M., Bartholomew, A., Zhao, F., & Siddiqi, A. (2023). Drivers, Challenges and Outcomes of Environmental Management System Implementation in Public Sector Organizations: A Systematic Review of Empirical Evidence. *Sustainability*, *15*(9), Artículo 7391. https://doi.org/10.3390/su15097391

Zhou, Y., Ma, M., Tam, V. WY., & Le, K. N. (2023). Design variables affecting the environmental impacts of buildings: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, *387*, Artículo 135921. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135921

7 Anexos

Anexo 1

Ficha de validación de técnica

Validación de técnica o instrumentos de recojo de información	
Técnica o instrumento	Revisión documental de artículos científicos y documentos de entidades internacionales.
Experto (a)	Lutgarda Palomino Gonzales
Profesión	La experta trabaja actualmente de docente universitaria y asesora de tesis que presenta un magíster en Educación con mención en Investigación y Docencia Superior. Doctorado en Derecho
Comentarios	El recojo de información de fuentes específicas es una técnica válida para dar cumplimiento a tus objetivos específicos que mencionas. No obstante, ante la falta de accesibilidad a la información que busques debes plantear soluciones, mencionas que realizarás un muestreo por conveniencia, pues con fines a tu segundo objetivo te conviene que la muestra no sea pequeña.
Estado de la técnica	APROBADO
Recomendaciones	Se recomienda el uso de otro mecanismo para el cumplimiento de ambos objetivos, de modo que haya un mayor margen de posibilidades de obtener la información deseada.

Nota. La tabla valida las herramientas de recolección de información.

Anexo 2

Ficha de validación de técnica

Validación de técnica o instrumentos de recojo de información	
Técnica o instrumento	Entrevistas estructuradas
Experto (a)	Lutgarda Palomino Gonzales
Profesión	La experta trabaja actualmente de docente universitaria y asesora de tesis que presenta un magíster en Educación con mención en Investigación y Docencia Superior.
Comentarios	Las preguntas que forman parte de la entrevista estructurada que se plantea como técnica de recojo de información están elaboradas correctamente y guardan relación con los objetivos específicos que se han planteado.

Estado de la técnica	APROBADO
Recomendaciones	Se recomienda que las preguntas, como son más específicas a cierta temática pasen por un filtro de un experto en el tema.

Nota. La tabla valida las herramientas de recolección de información.

Anexo 3

Ficha de validación de técnica

Validación de técnica o instrumentos de recojo de información	
Técnica o instrumento	Revisión de documentaria de portales de RR. SS. (SIGERSOL, SINIA, entre otros)
Experto (a)	Lisseth Díaz Vargas
Profesión	La experta trabaja actualmente como consultora en fiscalización de gestión ambiental. Ha laborado en municipalidades como la de Surco y Miraflores. Experta en gestión de RR. SS..
Comentarios	La metodología escogida es válida, va a depender de la interpretación y ajustes que realices el porcentaje de veracidad y adaptabilidad que tenga con la realidad.
Estado de la técnica	APROBADO
Recomendaciones	Seguir la casuística de otros trabajos y relacionarlo con la metodología del MINAM para que se haga más sencilla la adaptación.

Nota. La tabla valida las herramientas de recolección de información.

Anexo 4

Ficha de validación de técnica

Validación de técnica o instrumentos para el procesamiento de información	
Técnica o instrumento	Análisis costo beneficio
Experto (a)	Tatiana Leyva Pedraza
Profesión	La experta trabaja actualmente de docente universitaria y asesora de tesis de la Universidad Nacional Agraria La Molina de profesión economista con una trayectoria de más de 20 años enseñando en la universidad.

Comentarios	La técnica propuesta (ACB) es una buena propuesta para el objetivo que planteas. De hecho, tu objetivo específico 3 para el cual planteas el ACB es muy ambicioso. El usar información de otras fuentes o casos de éxito pasados y no recogerla de campo tú mismo genera que sea viable. De lo contrario ese objetivo solo sería un tema de tesis.
Estado de la técnica	APROBADO
Recomendaciones	Se requiere que se empleen esfuerzos especiales en realizar este objetivo específico, ya que es el fuerte de su tema de tesis. Debe recordar que al ser un ACB social involucra más cosas lo cual lo hará más complejo.

Nota. La tabla valida las herramientas de recolección de información.

Anexo 5

Ficha de validación de técnica

Validación de técnica o instrumentos para el procesamiento de información	
Técnica o instrumento	Análisis de impactos ambientales SimaPro
Experto (a)	Juan Rodolfo Badaraco Valle
Profesión	El experto trabaja actualmente como gerente de medio ambiente en la Municipalidad Distrital de Pucusana. Cuenta con una maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Comentarios	La técnica que buscas emplear con el software SimaPro, si bien es para medir análisis del ciclo de vida, también puede medir impactos puntuales de una actividad específica contando solo el punto de emisión principal sin considerar todos los demás procesos. Es válido, solo asegúrense de que los datos que utilicen como inputs para el programa sean confiables.
Estado de la técnica	APROBADO
Recomendaciones	Es una innovación el que plantees emplear este software para la medición de impactos ambientales en el ámbito público municipal. Sería buen que dentro de las ampliaciones o proyecciones a futuro de tu proyecto propongas que el software sea considerado como herramienta en la gestión pública, ya que utilizado correctamente es una herramienta muy confiable.

Nota. La tabla valida las herramientas de recolección de información.

Anexo 6

Tabla de la evaluación de escenarios y probabilidad

Ubicación	Tipología de peligro: Natural	Tipología de peligro: Antrópico	Sustancia / evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias	Frecuencia probabilidad
ENTORNO HUMANO							
Lima Metropolitana (Distritos)		x	Cobertura	Inadecuada recolección y disposición final	Deficiente calidad de los vehículos	Infecciones respiratorias	4
		x	R. orgánicos		Generación de residuos orgánicos	Enfermedades por transmisión de vectores	4
		x	R. inorgánicos		Inadecuada disposición de residuos	Pérdida de áreas de cultivo	3
		x	Presupuesto	Falta de presupuesto e ingresos municipales para las labores ambientales	Mal manejo del presupuesto	Pérdidas de espacios turísticos	3
		x	Arbitrios		Alta morosidad	Proliferación de enfermedades por espacios públicos sucios	4
ENTORNO ECOLÓGICO							
Lima Metropolitana (Distritos)		x	Cobertura	Inhalación de contaminantes ambientales	Uso indiscriminado de combustibles fósiles	Contaminación del aire pm2.5 y pm10	5
		x	R. orgánicos	Generación de vectores	Descomposición de residuos	Contaminación del aire vectores	3
		x	R. inorgánicos	Acumulación de RR. SS.	Lenta descomposición de RSI	Contaminación del suelo	4
ENTORNO SOCIOECONÓMICO							
Lima Metropolitana (Distritos)		x	Cobertura	Reducción del PBI per cápita	Falta de interés público	Pérdidas económicas	2
		x	R. orgánicos	Variación de la tasa laboral	Falta de interés público	Empleo informal	2
		x	R. inorgánicos		Falta de interés público	Empleo informal	2
		x	Presupuesto	Política debilitada	Deficiente nivel organizacional	Desinterés en política ambiental pública	3
		x	Arbitrios	Procesos migratorios de zona rural a urbana	Bajo nivel de ingresos	Incremento de pobreza	3

Nota. Se muestra la tabla con los puntajes de probabilidad respectivos para los criterios repartidos en cada entorno. Adaptado de "Guia de evaluación de riesgos ambientales" por MINAM, 2009

(https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2759-guia-para-evaluacion-de-riesgos-ambientales).

Anexo 7

Valoración de consecuencias en el entorno humano

	Cantidad (Según ERA) (Tn)			Peligrosidad (según caracterización)	
4	Muy alta	Mayor a 500	4	Muy peligrosa	Muy inflamable Muy tóxica Causa efectos irreversibles inmediatos
3	Alta	50-500	3	Peligrosa	Explosiva Inflamable Corrosiva
2	Muy poca	5 a 49	2	Poco peligrosa	Combustible
1	Poca	Menor a 5	1	No peligrosa	Daños leves y reversibles
	Extensión (Km)			**Población afectada (personas)**	
4	Muy extenso	Radio mayor a 1 km	4	Muy alto	Más de 100
3	Extenso	Radio hasta 1 km	3	Alto	Entre 50 y 100
2	Poco extenso	Radio menor a 0.5 km	2	Bajo	Entre 5 y 50
1	Puntual	Zona delimitada	1	Muy bajo	< 5 personas

Nota. La tabla muestra la información para valorar el entorno humano en base a cantidad, peligrosidad, extensión y población afectada. Adaptado de "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

Anexo 8

Tabla de valoración de la gravedad de las consecuencias

	N	Consecuencias	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población Afectada	Gravedad	Puntuación total
HUMA NO								

1	Infecciones respiratorias	2	1	1	3	8	2
2	Enfermedades por transmisión de vectores	2	1	1	2	7	1
3	Pérdida de áreas de cultivo	2	1	3	3	10	2
4	Pérdidas de espacios turísticos	3	1	3	4	12	3
5	Proliferación de enfermedades por espacios públicos sucios	2	1	1	2	7	1

	N	Consecuencias	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Gravedad	Puntuación total
NATURAL	1	Contaminación del aire pm2.5 y pm10	3	1	4	4	13	3
	2	Contaminación del aire vectores	2	1	2	3	9	2
	3	Contaminación del suelo	2	1	3	3	10	2

	N	Consecuencias	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Patrimonio y capital productivo	Gravedad	Puntuación total
SOCIECONÓMICO	1	Pérdidas económicas	4	1	3	3	12	3
	2	Empleo informal	2	1	3	1	8	2
	3	Empleo informal	2	1	3	1	8	2
	4	Desinterés en política	2	1	3	2	9	2

	ambiental pública						
5	Incremento de pobreza	3	1	4	2	11	3

Nota. Tabla de valoración de la gravedad otorgando puntajes en base a los tres entornos descritos en la metodología. Adaptado de "Guía de evaluación de riesgos ambientales", por MINAM, 2009 (https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

Anexo 9

Benchmarking de requisitos de los estándares de certificación

ESTÁNDARES DE CERTIFICACIÓN AMBIENTAL

	ISO 14001	ISO 59004 (ECONOMÍA CIRCULAR)	AMBAS NORMAS
REQUISITOS	Objeto y campo de aplicación	Alcance	Objetivo y alcance de aplicación
	Referencias normativas	Identificación de tendencias legislativas y de mercado	Identificación de referencias normativas y tendencias legales
	Términos y definiciones (organización y liderazgo, planificación, soporte y operación, evaluación del desempeño y mejora)	Construcción de la hoja de ruta	Definición y construcción de hoja de trabajo
	Planificación (riesgos y oportunidades, objetivos ambientales y planificación para lograrlos)	Identificación de oportunidades Estudio sobre el ciclo de vida del producto/servicio	Planificación (analizar riesgos, oportunidades, objetivos ambientales, planificación de logros e identificación de oportunidades)
	Contexto de la organización (necesidad y expectativas de los stakeholders, alcance y SGA)	Evaluación de las líneas estratégicas y líneas de acción	Contexto de la organización (evaluación de líneas estratégicas y de acción considerando los stakeholders, alcance y el sistema de gestión)
	Apoyo (recursos, competencia, toma de conciencia, comunicación interna y externa, información documentada)	Sensibilización, formación y comunicación	Documentación, comunicación (interna y externa) y recursos
	Operación (control operacional y respuesta ante emergencias)	Evaluación de impactos económicos, ambientales y sociales	Evaluación y operación de los procesos e impactos (respuesta ante emergencias)

Evaluación del desempeño (seguimiento medición, análisis y evaluación, auditoría interna, alta dirección	Evaluación y seguimiento de indicadores	Evaluación del desempeño
Mejora (no conformidad y acción correctiva, mejora continua)	Desarrollo de nuevos modelos o líneas de negocio Gestión del cambio en el producto/servicio actual	Mejora continua del sistema, procesos y productos

Nota. Tabla de comparación entre requisitos que solicitan los estándares de certificación para su aplicación

Anexo 10

Tabla de datos y medias para la prueba de normalidad y prueba de hipótesis

Distritos	X	Y
Chorrillos	39	31
Cieneguilla	49	35
Puente Piedra	37	30
Villa María del Triunfo	50	28
Independencia	49	37
Carabayllo	49	35

Nota. Tabla con los datos de ambas variables y las medias de estas para el desarrollo de la prueba de normalidad y la prueba de hipótesis.

Anexo 11

Matriz de Revisión Ambiental Inicial

MATRIZ DE REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL																
NIVEL DE DESEMPEÑO		**NIVEL DE DESEMPEÑO MUY BAJO (C)**					**NIVEL DE DESEMPEÑO BAJO (B)**					**NIVEL DE DESEMPEÑO MODERADO (A)**				
N°	**REQUISITOS**	*Chorrillos*	*Cieneguilla*	*Puente Piedra*	*Villa María del Triunfo*	*Independencia*	*Pueblo Libre*	*San Juan de Miraflores*	*Barranco*	*El Agustino*	*Jesús María*	*Miraflores*	*La Molina*	*Cercado de Lima*	*San Isidro*	*Santa Maria del Mar*
1	Objetivo y alcance de aplicación	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**
2	Identificación de referencias normativas y tendencias legales	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**2**	**1**	**1**	**2**	**3**	**3**	**2**	**2**	**3**	**2**
3	Definición y construcción de hoja de trabajo	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**1**	**3**	**2**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**
4	Planificación (analizar riesgos, oportunidades, objetivos ambientales, planificación de logros e identificación de oportunidades)	**1**	**3**	**2**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**1**	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**2**
5	Contexto de la organización (evaluación de líneas estratégicas y de acción considerando los stakeholders, alcance y SG)	**2**	**2**	**1**	**1**	**2**	**3**	**2**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**
6	Documentación, comunicación (interna y externa) y recursos	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**1**	**2**	**2**	**1**	**2**	**3**	**2**
7	Evaluación y operación de los procesos e impactos (respuesta ante emergencias)	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**1**	**2**	**2**	**1**	**1**	**2**
8	Evaluación del desempeño	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**1**	**2**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**
9	Mejora continua del sistema, procesos y productos	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**1**
PUNTAJE		13	15	13	12	17	17	15	15	17	17	20	19	18	20	18
PUNTAJE PONDERADO		31	35	30	28	37	41	38	39	39	37	47	44	42	47	45
			Promedio (C)		32.2		Promedio (B)	38.8		Promedio (A)		45				

Nota. Tabla que contiene la matriz RAI en donde se obtiene como resultado un puntaje ponderado de cada municipio en base al cumplimiento de los requisitos

Anexo 12

Tabla de datos para la correlación y coeficiente de correlación

Distritos/ Porcentajes y valores	Porcentaje de nivel de desempeño de la gestión de RSM	Porcentaje de cumplimiento en base a requisitos de certificaciones ambientales
Chorrillos	60.2%	47%
Cieneguilla	50%	53%
Puente Piedra	62.2%	45.5%
Villa María del Triunfo	49%	42.4%

Nota. La tabla de datos empleados para realizar la correlación y el valor de coeficiente obtenido de esta.

Anexo 13

Tabla de criterios en base a la independencia en kg por año y litro por año

Independencia	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Generación de RR. SS. municipales (kg/año) por vivienda	668.098	634.693	602.959	572.811	544.170	516.962
Galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda	0.411	0.276	0.185	0.124	0.083	0.056
Residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda	12.786	13.018	13.255	13.496	13.742	13.991
Residuos orgánicos valorizados (kg/año) por vivienda	3.625	3.879	4.150	4.441	4.752	5.084

Nota. Tabla obtenida después de convertir las unidades en base al distrito de Independencia.

Anexo 14

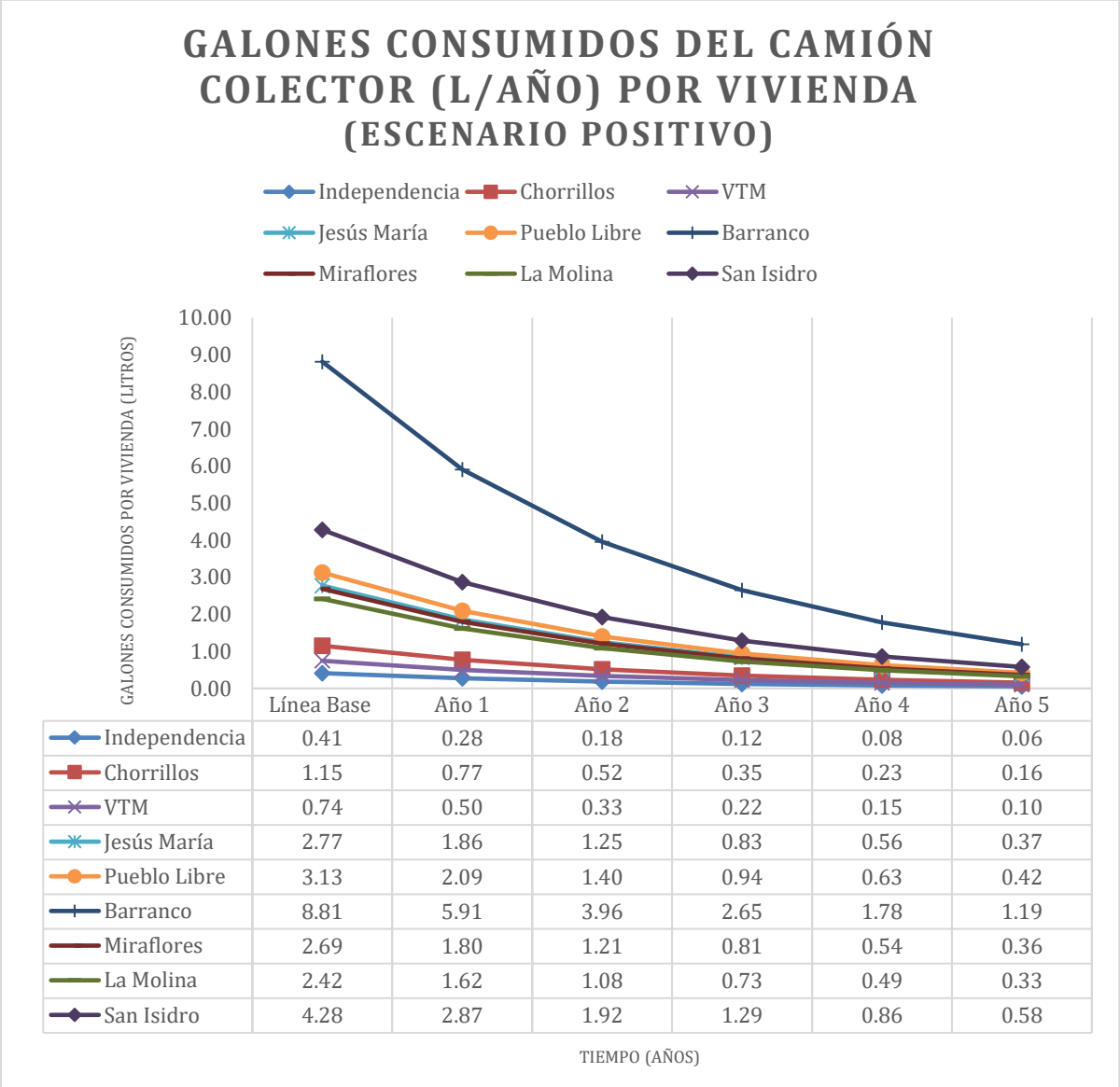
Tabla de criterios compuestos

Dimensión	Criterio	Estrato C			Estrato B			Estrato A		
		Independencia	***VTM***	***Chorrillos***	***Jesús María***	***Barranco***	***Pueblo Libre***	***Miraflores***	***San Isidro***	***La Molina***
Generación y manejo	Generación de RR. SS. municipales (tn/año) por vivienda	0.668	1.259	1.152	1.630	0.833	1.206	0.683	1.276	1.166
Transporte y procesamiento	Galones consumidos del camión colector (gal/año) por vivienda	0.109	0.197	0.304	0.734	2.332	0.827	0.711	1.132	0.639
Tratamiento	Residuos inorgánicos valorizados (tn/año) por vivienda	0.013	0.014	0.011	0.010	0.032	0.012	0.011	0.037	0.018
Tratamiento	Residuos orgánicos valorizados (tn/año) por vivienda	0.004	0.021	0.004	0.005	0.004	0.004	0.003	0.005	0.005
Disposición final	RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (tn/año) por vivienda	0.994	1.224	1.137	1.392	0.797	1.190	1.067	1.235	1.182

Nota. Tabla obtenida después de todos los cálculos realizados en la que se muestran los datos de criterios compuestos por municipio seleccionado.

Anexo 15

Galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda (escenario positivo)



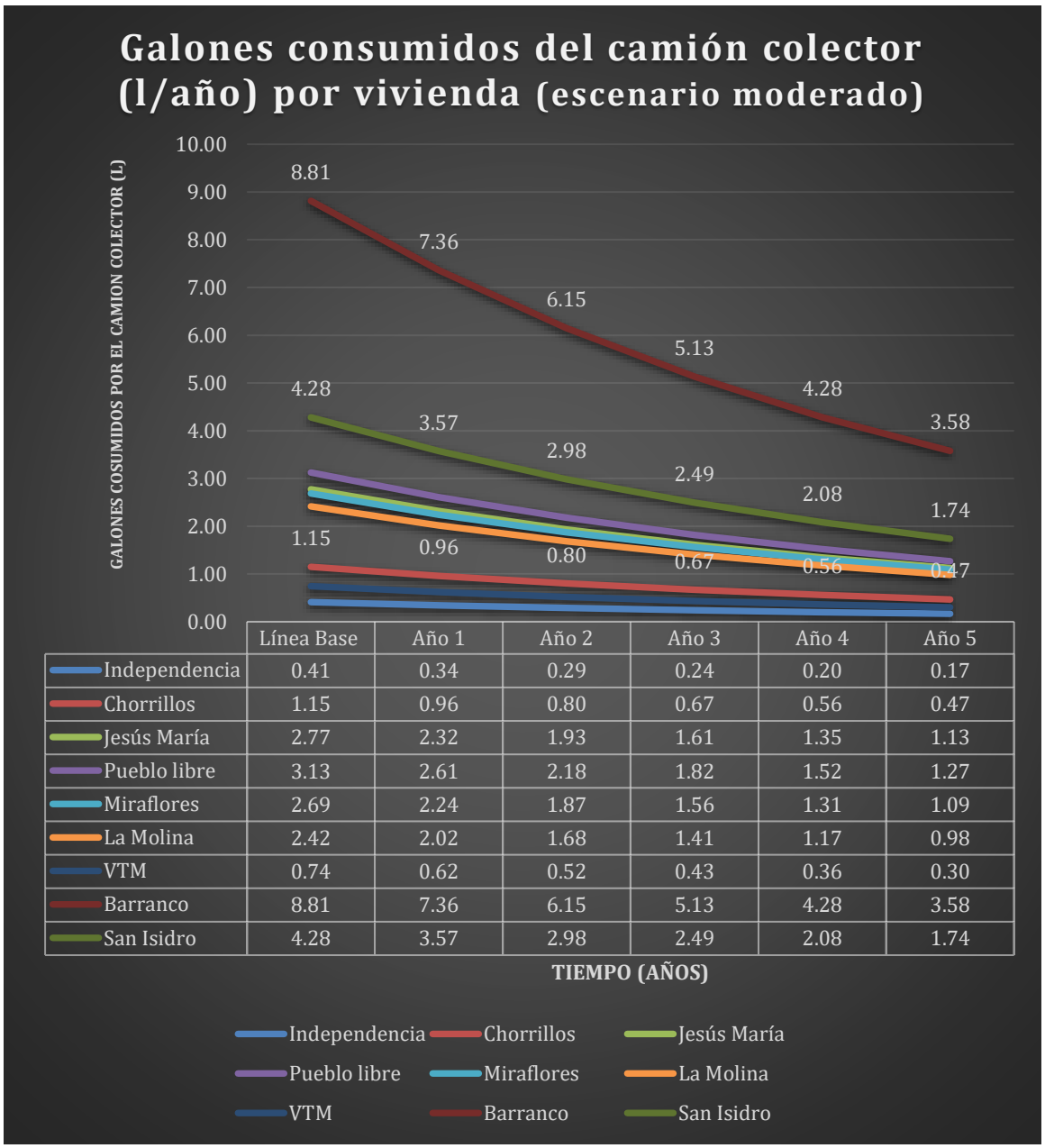
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	0.41	0.28	0.18	0.12	0.08	0.06
Chorrillos	1.15	0.77	0.52	0.35	0.23	0.16
VTM	0.74	0.50	0.33	0.22	0.15	0.10
Jesús María	2.77	1.86	1.25	0.83	0.56	0.37
Pueblo Libre	3.13	2.09	1.40	0.94	0.63	0.42
Barranco	8.81	5.91	3.96	2.65	1.78	1.19
Miraflores	2.69	1.80	1.21	0.81	0.54	0.36
La Molina	2.42	1.62	1.08	0.73	0.49	0.33
San Isidro	4.28	2.87	1.92	1.29	0.86	0.58

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del segundo indicador.

En el caso de los galones consumidos para el escenario positivo se puede evidenciar que el que concluyó con un menor gasto anual por vivienda fue el distrito de Independencia; no obstante, al mismo tiempo fue el que presentó una menor disminución en el consumo. Por otro lado, el distrito que presentó mayor disminución en el consumo de galones fue el distrito de Barranco con una disminución mayor a 7 litros/año por vivienda, es decir, fue el más beneficiado pues en él se empleaba el mayor consumo de combustible para el funcionamiento del camión colector de RR. SS. municipales.

Anexo 16

Galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda (escenario moderado)

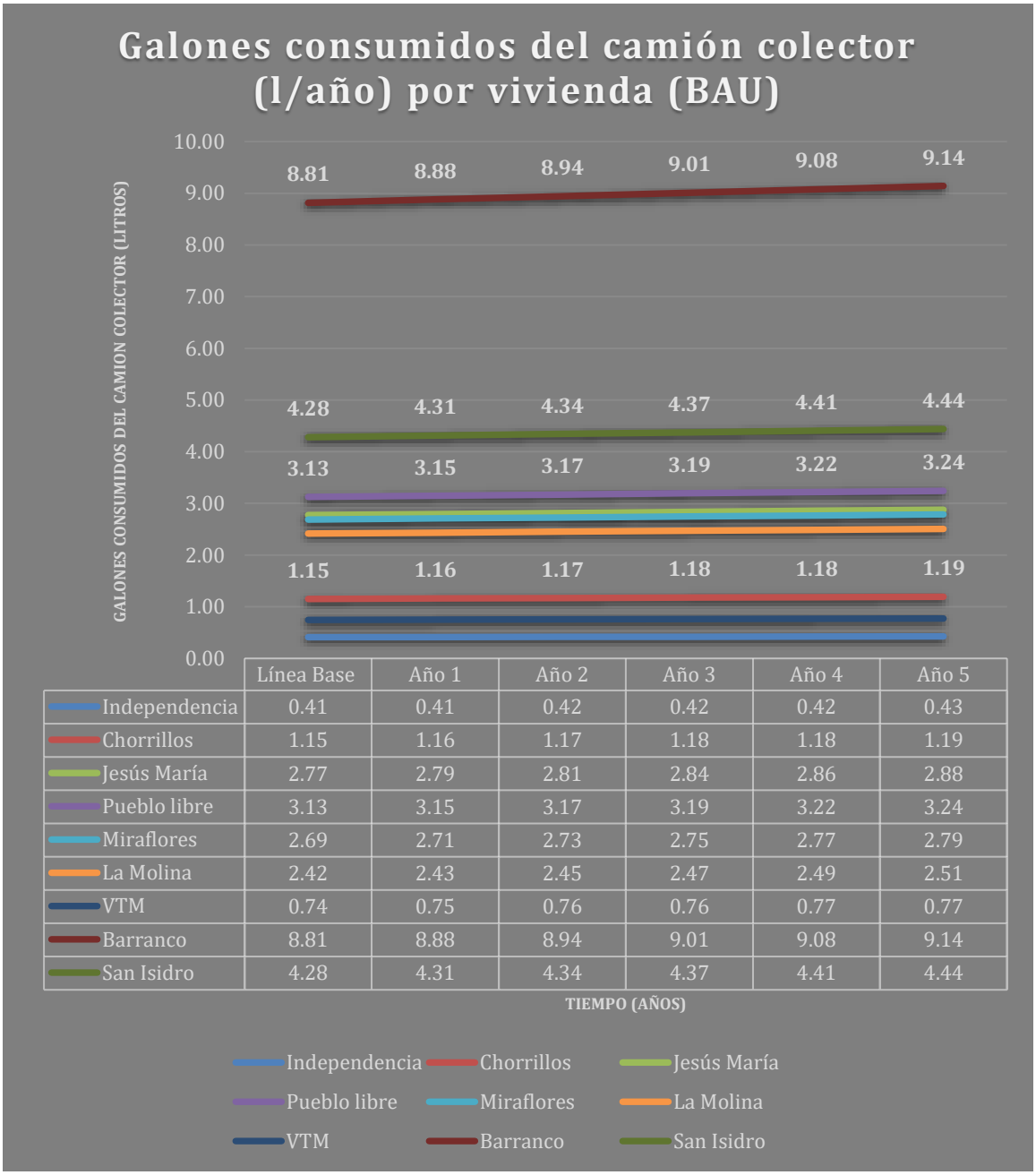


Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del segundo indicador.

En el caso del escenario moderado el de mayor reducción fue el distrito de Barranco acompañado del distrito de San Isidro con la mitad del valor del primero. Asimismo, el que presentó un menor consumo fue el distrito de Independencia acompañado de Villa María del Triunfo. El de mayor consumo, que en este caso fue Barranco, también fue el de mayor disminución.

Anexo 17

Galones consumidos del camión colector (l/año) por vivienda (BAU)



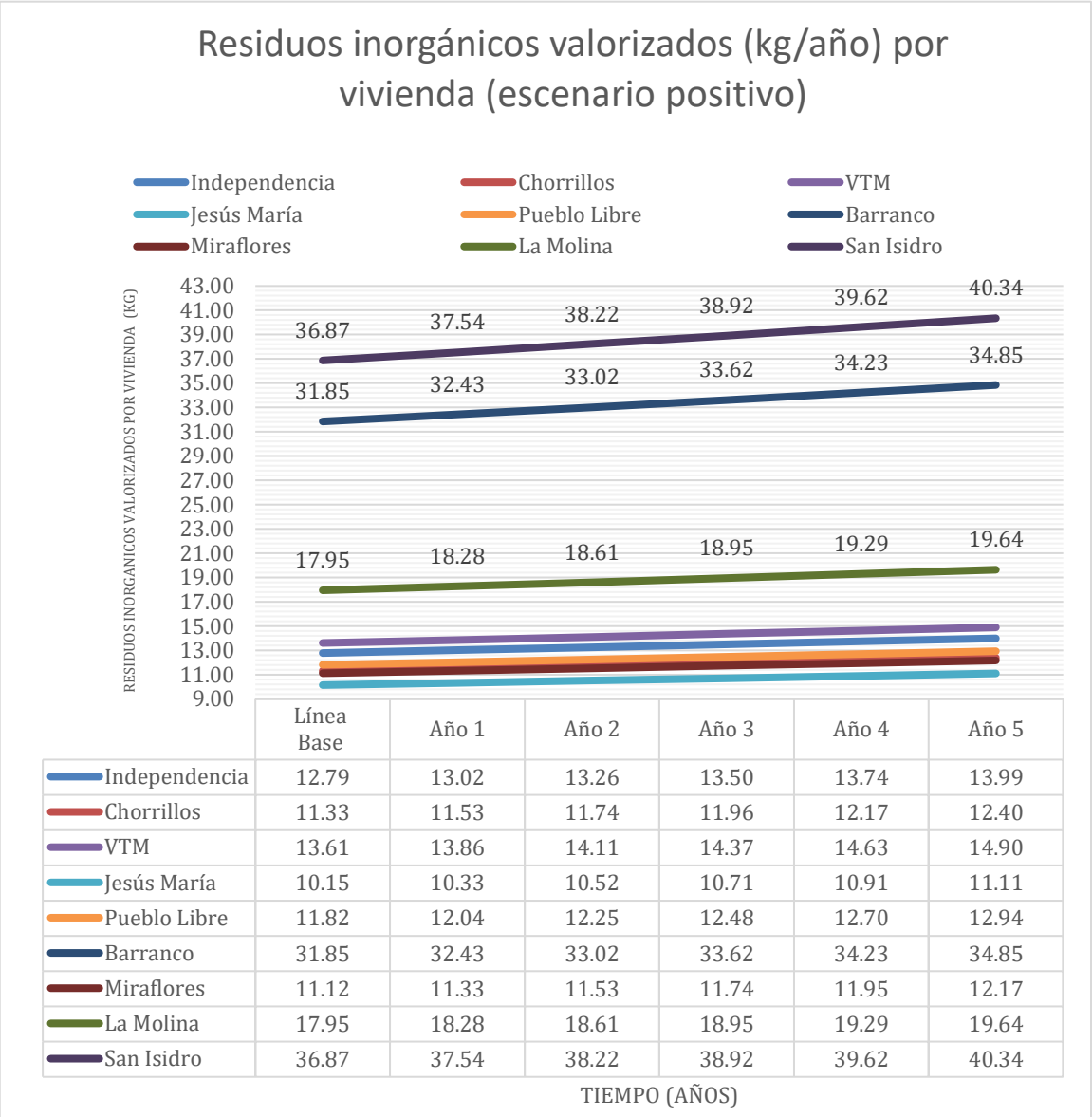
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.43
Chorrillos	1.15	1.16	1.17	1.18	1.18	1.19
Jesús María	2.77	2.79	2.81	2.84	2.86	2.88
Pueblo libre	3.13	3.15	3.17	3.19	3.22	3.24
Miraflores	2.69	2.71	2.73	2.75	2.77	2.79
La Molina	2.42	2.43	2.45	2.47	2.49	2.51
VTM	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.77
Barranco	8.81	8.88	8.94	9.01	9.08	9.14
San Isidro	4.28	4.31	4.34	4.37	4.41	4.44

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del segundo indicador.

Para el caso BAU, se evidencia un incremento en el consumo, caso contrario a los que sucede en los primeros dos escenarios. Siendo el de mayor consumo el de Barranco y el que más aumento de consumo tuvo. Este caso presentó una media de consumo en litros al año por vivienda de 3.04. Si se considerara esta media para los 43 distritos se tendría un consumo de 130.82 litros/año por vivienda de combustible para los camiones colectores.

Anexo 18

Residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario positivo)



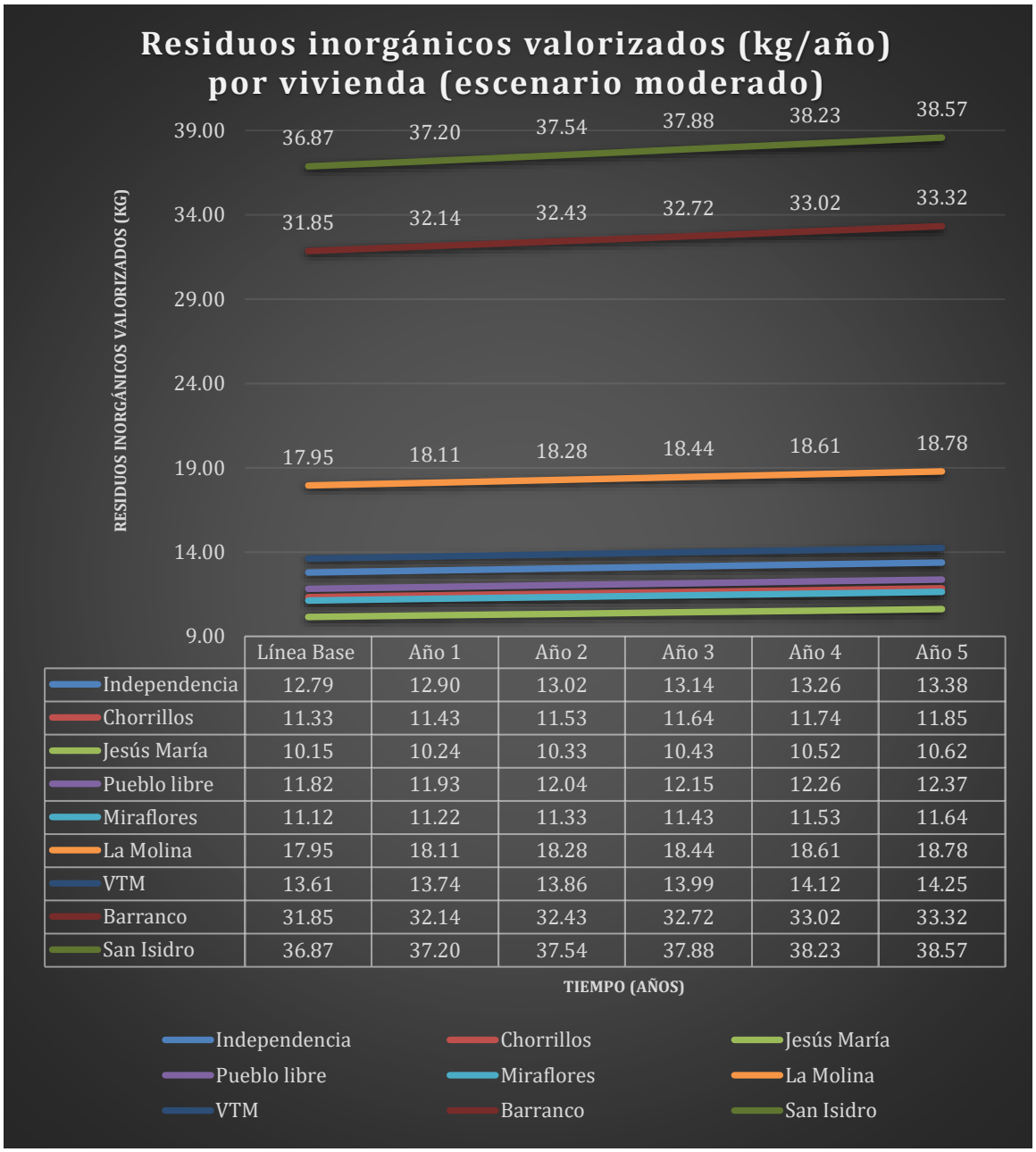
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	12.79	13.02	13.26	13.50	13.74	13.99
Chorrillos	11.33	11.53	11.74	11.96	12.17	12.40
VTM	13.61	13.86	14.11	14.37	14.63	14.90
Jesús María	10.15	10.33	10.52	10.71	10.91	11.11
Pueblo Libre	11.82	12.04	12.25	12.48	12.70	12.94
Barranco	31.85	32.43	33.02	33.62	34.23	34.85
Miraflores	11.12	11.33	11.53	11.74	11.95	12.17
La Molina	17.95	18.28	18.61	18.95	19.29	19.64
San Isidro	36.87	37.54	38.22	38.92	39.62	40.34

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del tercer indicador.

El escenario positivo para la valorización de RR. SS. inorgánicos tuvo como distrito con mayor valorización para el año 5 a San Isidro, seguido de barranco con un diferencial de crecimiento entre el año base y 5 de 3 kg/año por vivienda. Caso contrario, Miraflores y Chorrillos presentaron el menor crecimiento al culminar los 5 años, teniendo valores de 1.05 y 1.07 kg/año por vivienda respectivamente. Los nueve distritos en evaluación presentaron un promedio de 19.15 kg RSI val/año por vivienda al año 5.

Anexo 19

Residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario moderado)



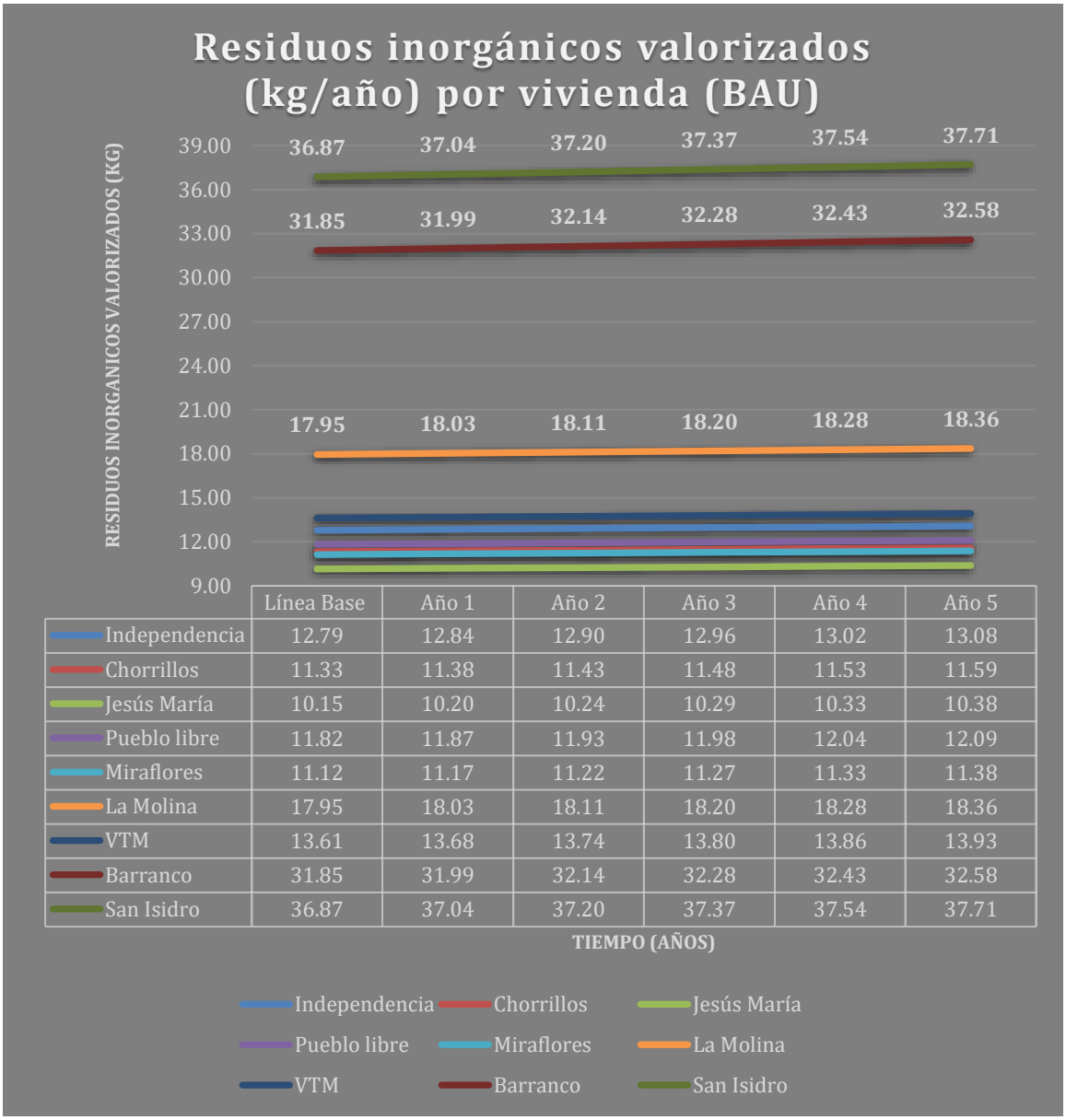
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	12.79	12.90	13.02	13.14	13.26	13.38
Chorrillos	11.33	11.43	11.53	11.64	11.74	11.85
Jesús María	10.15	10.24	10.33	10.43	10.52	10.62
Pueblo libre	11.82	11.93	12.04	12.15	12.26	12.37
Miraflores	11.12	11.22	11.33	11.43	11.53	11.64
La Molina	17.95	18.11	18.28	18.44	18.61	18.78
VTM	13.61	13.74	13.86	13.99	14.12	14.25
Barranco	31.85	32.14	32.43	32.72	33.02	33.32
San Isidro	36.87	37.20	37.54	37.88	38.23	38.57

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del tercer indicador.

El escenario moderado presentó a San Isidro y Barranco como los distritos que presentaron mayor aumento, Miraflores y Chorrillos fueron quienes tuvieron un menor aumento de todos comparando en año base con el año 5; y Jesús María fue el distrito que presentó el valor más bajo al culminar los 5 años. Los nueve distritos en evaluación presentaron un promedio de 18.31 kg RSI val/año por vivienda al añ

Anexo 20

Residuos inorgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario BAU)



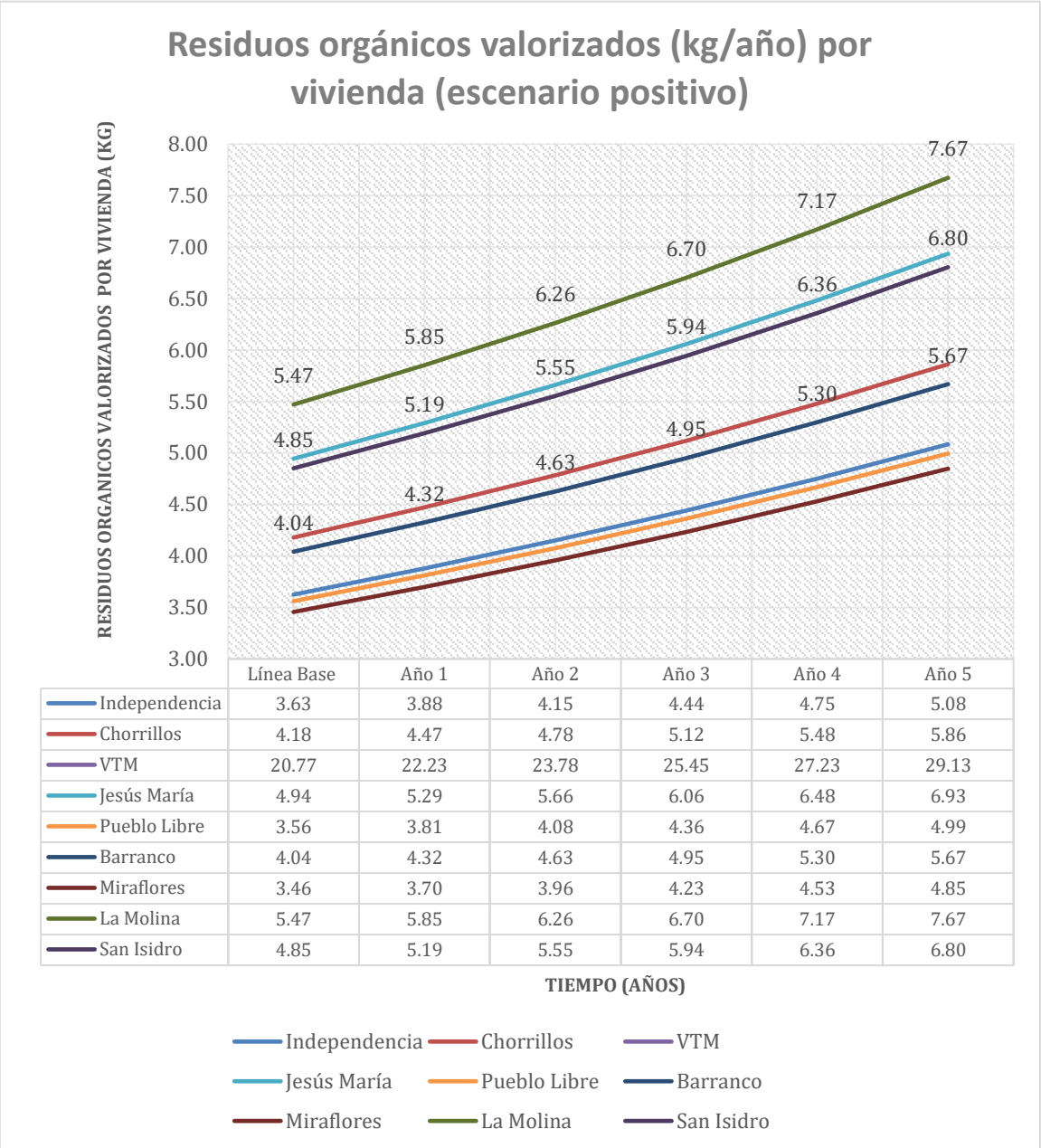
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	12.79	12.84	12.90	12.96	13.02	13.08
Chorrillos	11.33	11.38	11.43	11.48	11.53	11.59
Jesús María	10.15	10.20	10.24	10.29	10.33	10.38
Pueblo libre	11.82	11.87	11.93	11.98	12.04	12.09
Miraflores	11.12	11.17	11.22	11.27	11.33	11.38
La Molina	17.95	18.03	18.11	18.20	18.28	18.36
VTM	13.61	13.68	13.74	13.80	13.86	13.93
Barranco	31.85	31.99	32.14	32.28	32.43	32.58
San Isidro	36.87	37.04	37.20	37.37	37.54	37.71

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del tercer indicador.

En el caso BAU para los residuos inorgánicos valorizados, el distrito que obtuvo un menor crecimiento al comparar el año base con el año 5 fue el distrito de Jesús María, seguido por los distritos de Independencia, Chorrillos y Miraflores, todos con un diferencial de crecimiento menor a 0.30 kg RSI val/año por vivienda. Los nueve distritos en evaluación presentaron un promedio de 17.90 kg RSI val/año por vivienda al año 5.

Anexo 21

Residuos orgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario positivo)



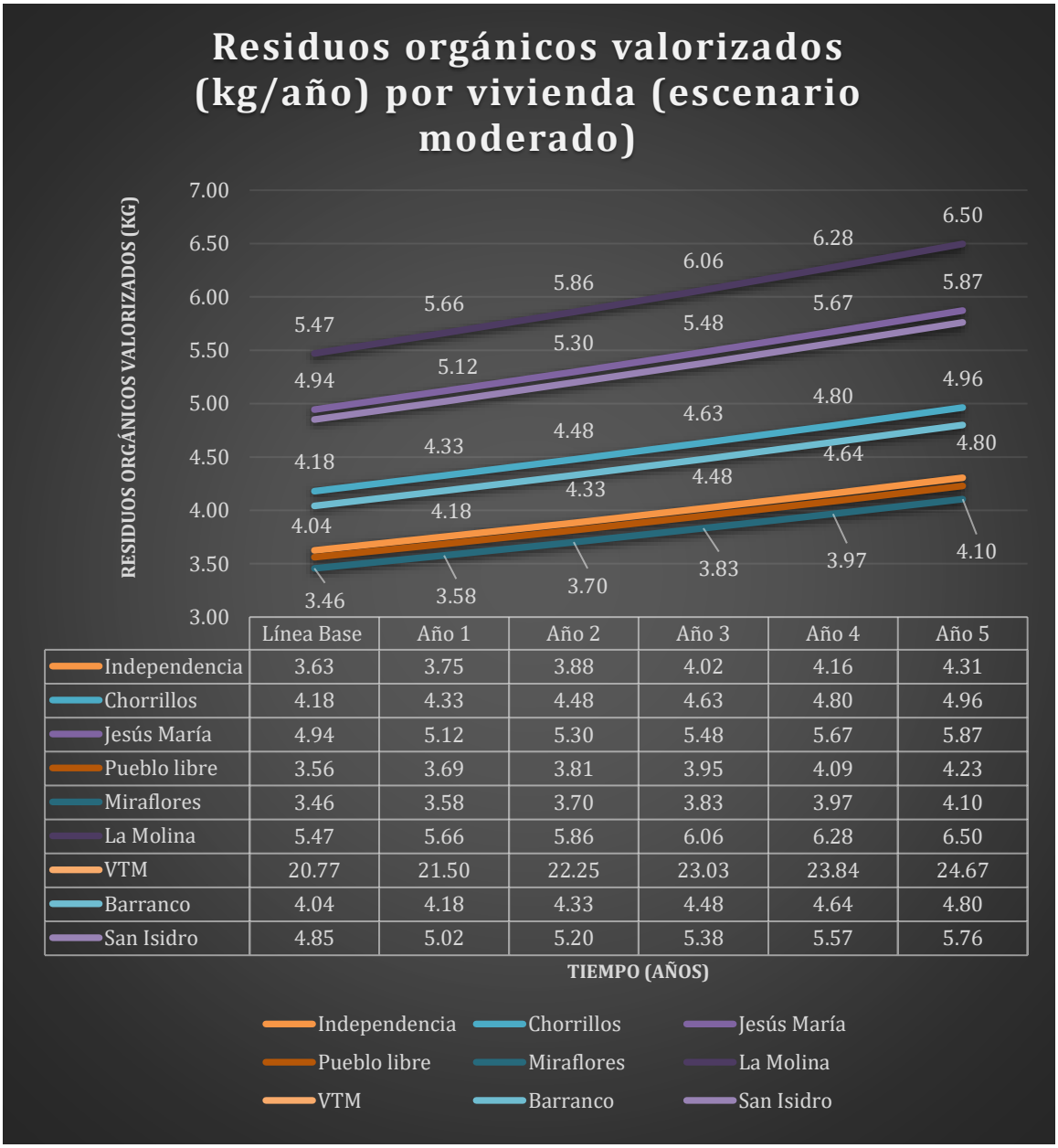
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	3.63	3.88	4.15	4.44	4.75	5.08
Chorrillos	4.18	4.47	4.78	5.12	5.48	5.86
VTM	20.77	22.23	23.78	25.45	27.23	29.13
Jesús María	4.94	5.29	5.66	6.06	6.48	6.93
Pueblo Libre	3.56	3.81	4.08	4.36	4.67	4.99
Barranco	4.04	4.32	4.63	4.95	5.30	5.67
Miraflores	3.46	3.70	3.96	4.23	4.53	4.85
La Molina	5.47	5.85	6.26	6.70	7.17	7.67
San Isidro	4.85	5.19	5.55	5.94	6.36	6.80

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del cuarto indicador.

Para los residuos orgánicos valorizados el distrito con mayor cantidad de residuos valorizados al año 5 fue el distrito de Villa María del Triunfo, pues presenta una mayor cantidad en el año base. Considerando a los demás distritos, el que elevó más sus valores fue La Molina seguido de Jesús María y quienes elevaron menos los kg de residuos valorizados fueron Pueblo Libre y Miraflores. Presentaron una media de 8.56 kg RSO val/año por vivienda al año 5.

Anexo 22

Residuos orgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario moderado)



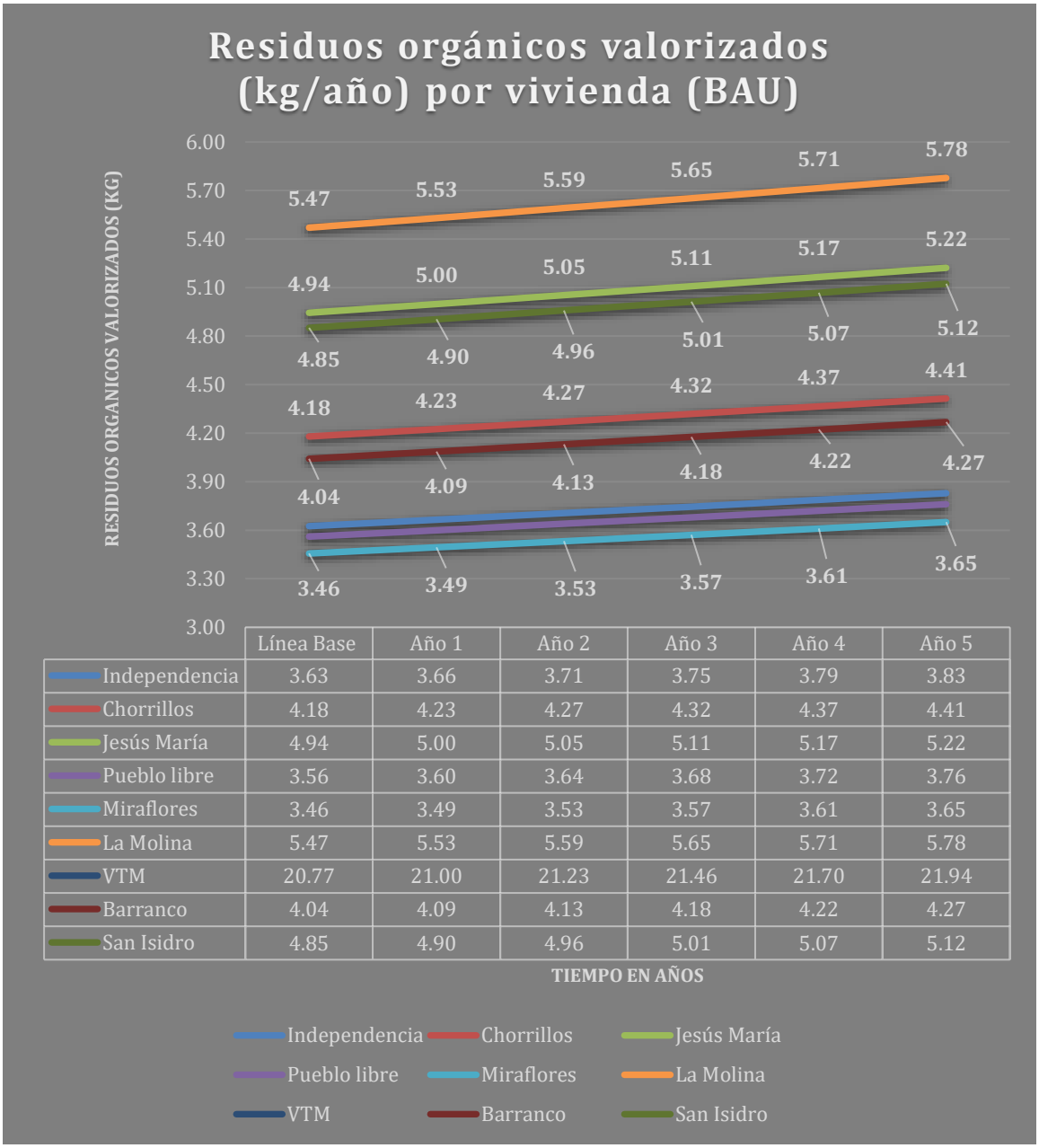
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	3.63	3.75	3.88	4.02	4.16	4.31
Chorrillos	4.18	4.33	4.48	4.63	4.80	4.96
Jesús María	4.94	5.12	5.30	5.48	5.67	5.87
Pueblo libre	3.56	3.69	3.81	3.95	4.09	4.23
Miraflores	3.46	3.58	3.70	3.83	3.97	4.10
La Molina	5.47	5.66	5.86	6.06	6.28	6.50
VTM	20.77	21.50	22.25	23.03	23.84	24.67
Barranco	4.04	4.18	4.33	4.48	4.64	4.80
San Isidro	4.85	5.02	5.20	5.38	5.57	5.76

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del cuarto indicador.

En el caso moderado, los patrones del caso positivo se repiten pero con medidas en los valores de crecimiento menores en aproximadamente 30-40%. La Molina es el distrito de mayor crecimiento al año 5 y el distrito de Miraflores acompañado de Pueblo Libre son los de menor aumento. Presentan una media de 7.24 RSO val/año por vivienda al termino del año 5.

Anexo 23

Residuos orgánicos valorizados (kg/año) por vivienda (escenario BAU)



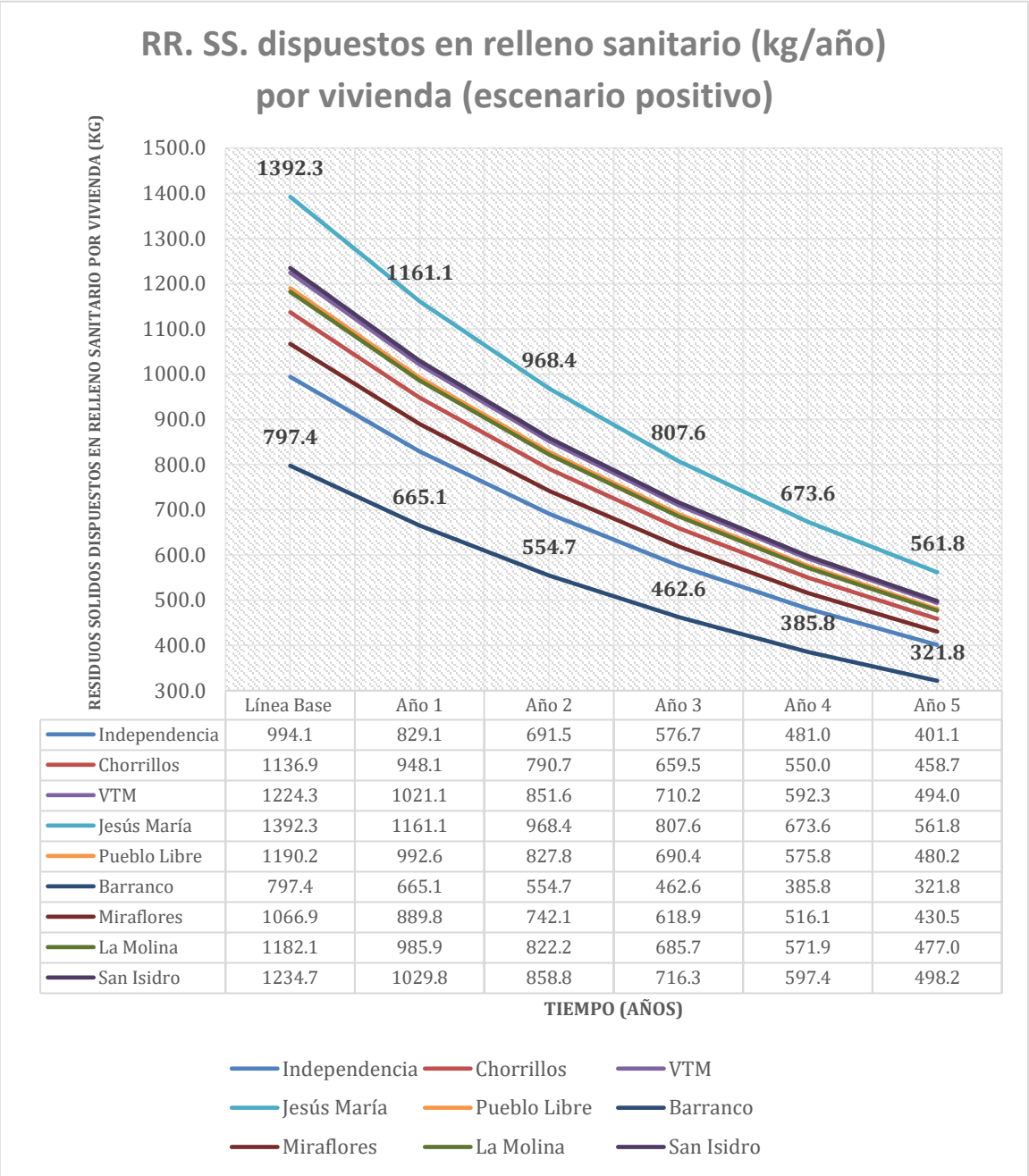
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	3.63	3.66	3.71	3.75	3.79	3.83
Chorrillos	4.18	4.23	4.27	4.32	4.37	4.41
Jesús María	4.94	5.00	5.05	5.11	5.17	5.22
Pueblo libre	3.56	3.60	3.64	3.68	3.72	3.76
Miraflores	3.46	3.49	3.53	3.57	3.61	3.65
La Molina	5.47	5.53	5.59	5.65	5.71	5.78
VTM	20.77	21.00	21.23	21.46	21.70	21.94
Barranco	4.04	4.09	4.13	4.18	4.22	4.27
San Isidro	4.85	4.90	4.96	5.01	5.07	5.12

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del cuarto indicador.

En el escenario BAU los valores son bastante bajos al contrastarlo con el caso positivo. Además, es el distrito de la Molina el de valores más altos en el año 5 sin considerar al distrito de Villa María del Triunfo. Del mismo modo, son los distritos de Miraflores y Pueblo Libre los que presentan valores más bajos al año 5. La media es de 6.44 RSO val/año por vivienda al culmino del quinto año de proyección.

Anexo 24

RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda (escenario positivo)



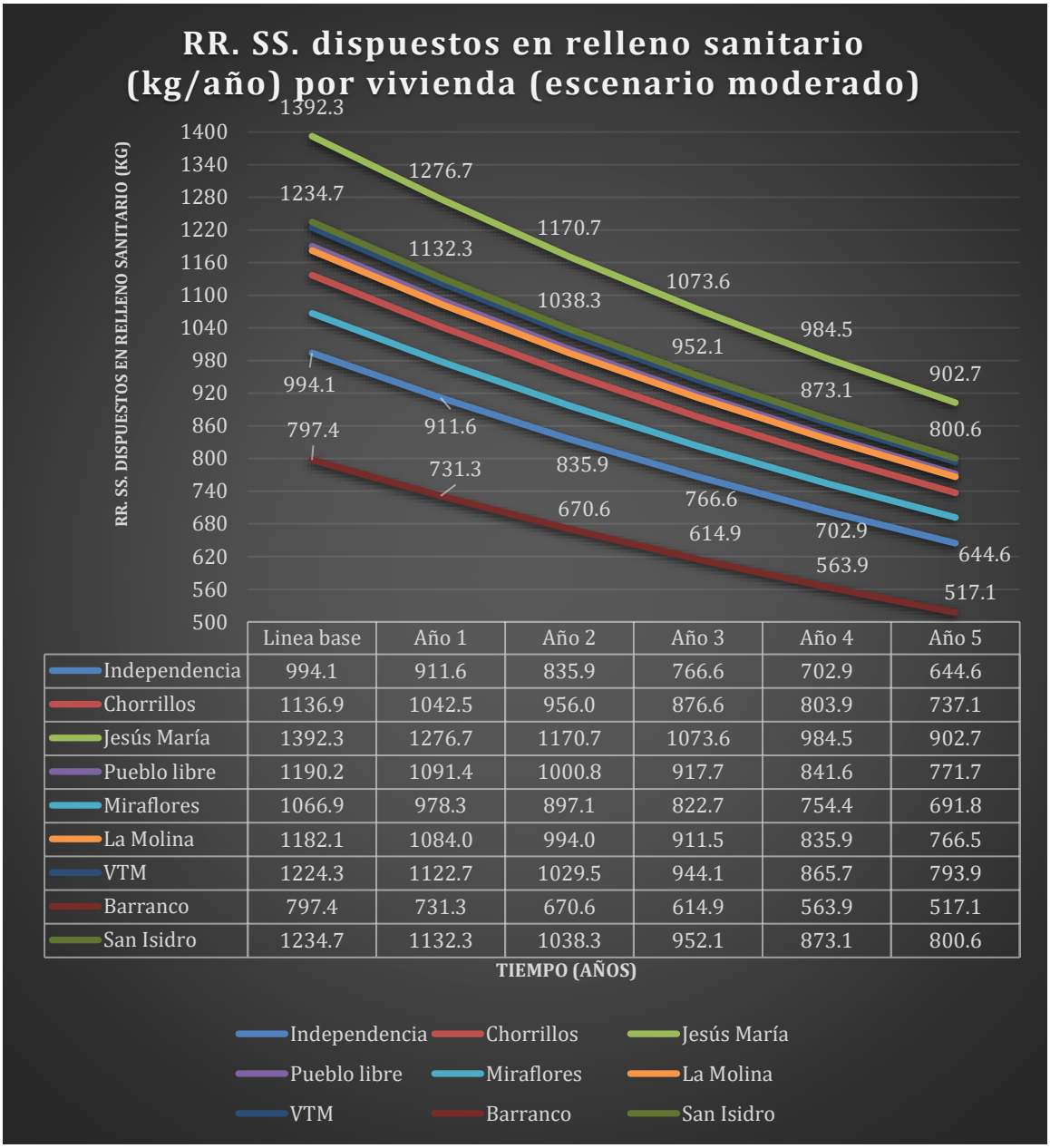
	Línea Base	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Independencia	994.1	829.1	691.5	576.7	481.0	401.1
Chorrillos	1136.9	948.1	790.7	659.5	550.0	458.7
VTM	1224.3	1021.1	851.6	710.2	592.3	494.0
Jesús María	1392.3	1161.1	968.4	807.6	673.6	561.8
Pueblo Libre	1190.2	992.6	827.8	690.4	575.8	480.2
Barranco	797.4	665.1	554.7	462.6	385.8	321.8
Miraflores	1066.9	889.8	742.1	618.9	516.1	430.5
La Molina	1182.1	985.9	822.2	685.7	571.9	477.0
San Isidro	1234.7	1029.8	858.8	716.3	597.4	498.2

Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del quinto y último indicador.

Para los RR. SS. dispuestos en relleno sanitario se evidenció que el distrito que redujo en mayor cantidad sus residuos para el año 5 fue el distrito de Barranco seguido del distrito de Independencia. En contraste, el que presentó menor reducción fue el distrito de Jesús María; sin embargo, fue el que redujo mayor cantidad de RR. SS. al comparar el año base con el año 5 (830.5 kg). La media fue de 458.1 kg/año por vivienda al quinto año.

Anexo 25

RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda (escenario moderado)

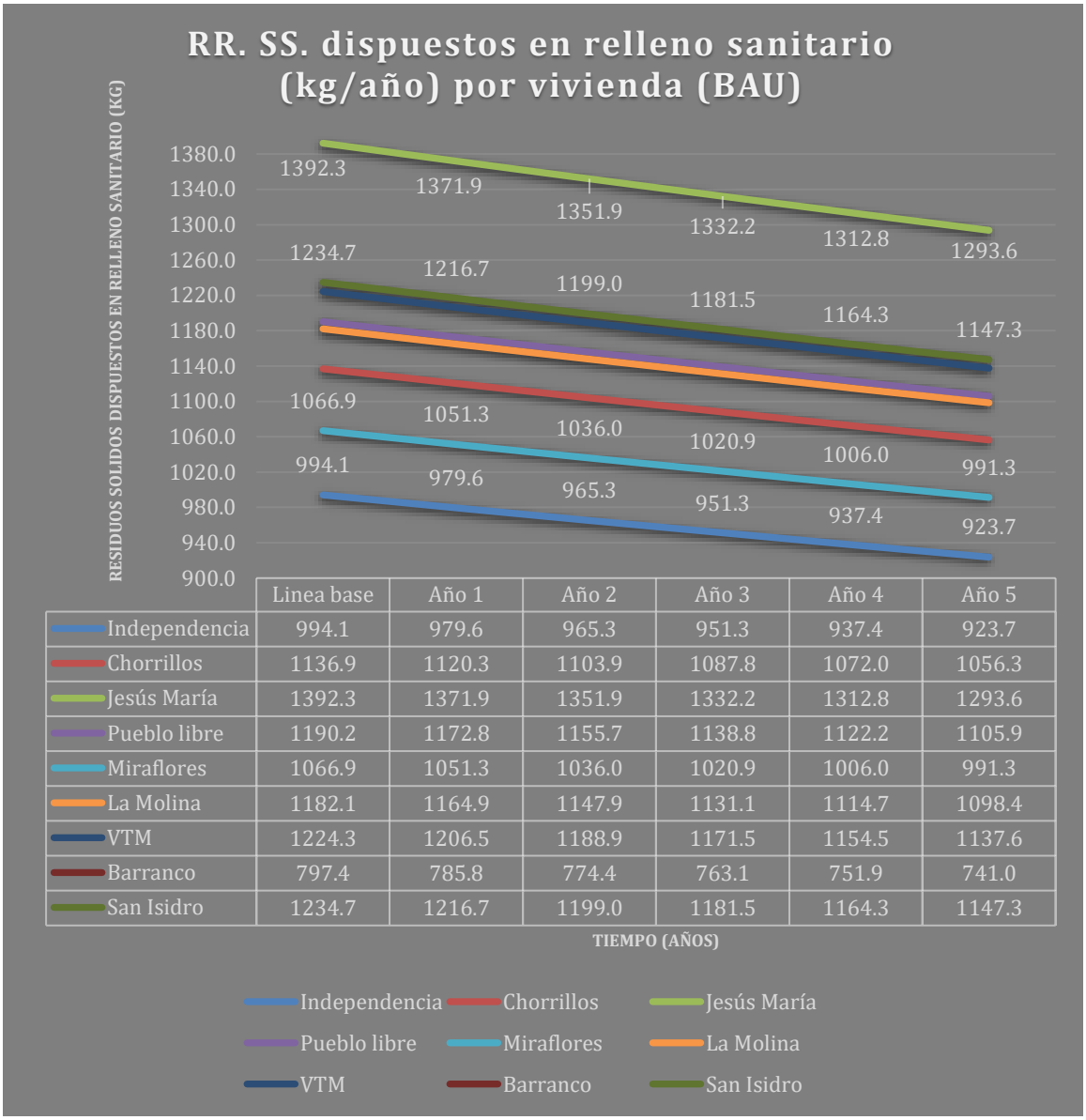


Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del quinto y último indicador.

En el caso moderado se evidencia que el distrito que tuve mayor cantidad de residuos al culmino del año 5 fue Jesús María; no obstante, también fue el que presento mayor reducción de residuos al comparar el año base y el quinto año (489.5 kg). El distrito que tuve una menor reducción al año 5 fue Barranco, con un valor de 280.4 kg. La media de reducción de kg dispuestos en relleno sanitario fue de 736.2 kg/año por vivienda al año 5.

Anexo 26

RR. SS. dispuestos en relleno sanitario (kg/año) por vivienda (escenario BAU)



Nota. La figura muestra el gráfico de líneas y tabla de datos del quinto y último indicador.

En el escenario BAU se obtuvo que el distrito con una mayor disminución al quinto año fue Barranco con un valor de 741 kg/año por vivienda dispuestos en el relleno sanitario. El distrito que presento una mayor disminución comparando el año base con el quinto año fue el distrito de Jesús María con un diferencial de 98.6 kg. Caso contrario fue Barranco, que pese a ser el que obtuvo menor valor al año 5, fue el que menos disminuyo en comparación al año base (56.5 kg). La media es de 1055 kg/año por vivienda dispuestos en relleno sanitario.

Anexo 27

Evaluación Económica de los escenarios con y sin proyecto aplicando el método de Costos Evitados en el contexto de enfermedades respiratorias

Enfermedades Respiratorias						
	Sin proyecto					
	0	1	2	3	4	5
Casos de enfermedades respiratorias	15246	16770,6	18447,66	20292,426	22321,6686	24553,83546
Costo consulta médica		S/ 2.236.080	S/ 2.459.688	S/ 2.705.657	S/ 2.976.222	S/ 3.273.845
Costo de análisis médico		S/.6.361.647,60	S/.6.997.812,36	S/.7.697.593,60	S/.8.467.352,96	S/.9.314.088,25
Costo de tratamiento		S/.8.530.701,10	S/.9.383.771,21	S/.10.322.148,33	S/.11.354.363,17	S/.12.489.799,48
Costo transporte		S/.3.436.016,15	S/.3.779.617,77	S/.4.157.579,54	S/.4.573.337,50	S/.5.030.671,25
TOTAL		S/.20.581.216,45	S/.22.639.339,00	S/.24.903.273,70	S/.27.393.601,77	S/.30.132.962,54
	Con proyecto					
	0	1	2	3	4	5
Casos de enfermedades	15246	15246	15246	15246	15246	15246
Costo consulta médica		S/ 2.032.800	S/ 2.032.800	S/ 2.032.800	S/ 2.032.800	S/ 2.032.800
Costo de análisis médico		S/ 5.783.316	S/ 5.783.316	S/ 5.783.316	S/ 5.783.316	S/ 5.783.316
Costo de tratamiento		S/ 7.755.183	S/ 7.755.183	S/ 7.755.183	S/ 7.755.183	S/ 7.755.183
Costo transporte		S/ 3.123.651	S/ 3.123.651	S/ 3.123.651	S/ 3.123.651	S/ 3.123.651
TOTAL		S/ 18.694.949,87	S/ 18.694.949,87	S/ 18.694.949,87	S/ 18.694.949,87	S/ 18.694.949,87
Ahorro de Costos		S/ 1.886.266,59	S/ 3.944.389,13	S/ 6.208.323,83	S/ 8.698.651,90	S/ 11.438.012,68

Nota. Esta valoración económica fue realizada aplicando el método de costos evitados; elaboración propia en enfermedades respiratorias.

Anexo 28

Evaluación Económica de los escenarios con y sin proyecto aplicando el método de Costos Evitados en el contexto de enfermedades cardiovasculares.

Enfermedades Cardiovasculares						
	Sin proyecto					
	0	1	2	3	4	5
Casos de enfermades	62	83,1042413	111,3921762	149,3090692	200,1325308	268,2558409
Costo consulta médica		S/ 11.496	S/ 15.409	S/ 20.654	S/ 27.685	S/ 37.109
Costo de análisis médico		S/.28.477,05	S/.38.170,39	S/.51.163,24	S/.68.578,75	S/.91.922,33
Costo de tratamiento		S/.53.907,23	S/.72.256,76	S/.96.852,31	S/.129.819,97	S/.174.009,52
Costo de trasnporte		S/.17.026,67	S/.22.822,40	S/.30.590,94	S/.41.003,82	S/.54.961,15
TOTAL		S/.110.907,04	S/.148.658,80	S/.199.260,91	S/.267.087,53	S/.358.001,72
	Con proyecto					
	0	1	2	3	4	5
Casos de enfermades	62	62	62	62	62	62
Costo consulta médica		S/ 8.577	S/ 8.577	S/ 8.577	S/ 8.577	S/ 8.577
Costo de análisis médico		S/ 21.245	S/ 21.245	S/ 21.245	S/ 21.245	S/ 21.245
Costo de tratamiento		S/ 40.218	S/ 40.218	S/ 40.218	S/ 40.218	S/ 40.218
Costo transporte		S/ 12.703	S/ 12.703	S/ 12.703	S/ 12.703	S/ 12.703
TOTAL		S/ 82.742	S/ 82.742	S/ 82.742	S/ 82.742	S/ 82.742
Ahorro de Costos		S/ 28.164,74	S/ 65.916,49	S/ 116.518,61	S/ 184.345,23	S/ 275.259,42

Nota. Esta valoración económica fue realizada aplicando el método de costos evitados; elaboración propia en enfermedades cardiovasculares.

Anexo 29

Inventario de entradas ACV

ETAPA	ENTRADA/SALIDA	Insumos	Cantidad	Ud	Fuente
TRANSPORTE	Entradas	Aluminium	2.19E-05	kg	Ecoinvent 3
		Anhydrite	8.31E-10	kg	
		Antimony	3.18E-11	kg	
		Argon-40/kg	3.25E-06	kg	
		Arsenic	4.79E-10	kg	
		Barium	1.12E-04	kg	
		Basalt	5.51E-06	kg	
		Beryllium	3.22E-11	kg	
		Borax	2.60E-08	kg	
		Bromine	2.07E-09	kg	
		Cadmium	1.23E-09	kg	
		Calcite	2.00E-03	kg	
		Calcium	1.33E-06	kg	
		Carbon dioxide, in air	3.55E-04	kg	
		Carbon, organic, in soil or biomass stock	1.77E-06	kg	
		Carnallite	3.16E-08	kg	
		Cerium	2.42E-07	kg	
		Chromium	1.41E-06	kg	
		Chrysotile	1.09E-07	kg	
		Clay, bentonite	2.38E-05	kg	
		Clay, unspecified	5.10E-04	kg	
		Coal, brown	8.79E-04	kg	
		Coal, hard	4.90E-03	kg	

Cobalt	2.31E-08	kg
Colemanite	5.00E-08	kg
Copper	8.16E-06	kg
Diatomite	9.45E-11	kg
Dolomite	3.76E-05	kg
Dysprosium	6.61E-10	kg
Energy, geothermal, converted	2.91E-04	MJ
Energy, gross calorific value, in biomass	3.93E-03	MJ
Energy, gross calorific value, in biomass, pbriiomtiacry forest	2.66E-05	MJ
Energy, kinetic (in wind), converted	2.22E-03	MJ
Energy, potential (in hydropower reservoiri)n, wcoantevrerted	9.49E-03	MJ
Energy, solar, converted	6.71E-05	MJ
Europium	1.18E-09	kg
Feldspar	1.29E-10	kg
Fish, demersal, in ocean	3.53E-09	kg
Fish, pelagic, in ocean	2.17E-09	kg
Fluorine	3.65E-07	kg
Fluorspar	1.07E-05	kg
Gadolinium	3.15E-09	kg
Gallium	6.72E-09	kg
Gangue	2.35E-03	kg
Gangue, bauxite	2.30E-04	kg
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/min3ground	3.08E-05	m3
Gas, natural/m3	2.30E-03	m3
Gold	6.19E-10	kg
Granite	5.23E-03	kg
Gravel	1.38E-01	kg
Gypsum	6.11E-05	kg
Hafnium	3.12E-08	kg

Iodine	7.01E-10	kg
Iron	1.28E-03	kg
Kaolinite	1.04E-06	kg
Kieserite	3.04E-15	kg
Krypton	1.51E-10	kg
Lanthanum	1.62E-07	kg
Laterite	9.57E-06	kg
Lead	2.43E-06	kg
Lithium	6.92E-11	kg
Magnesite	9.07E-06	kg
Magnesium	3.06E-06	kg
Manganese	1.38E-05	kg
Mercury	6.49E-12	kg
Metamorphous rock, graphite containing	3.53E-08	kg
Molybdenum	1.84E-07	kg
Neodymium	7.73E-08	kg
Nickel	7.27E-06	kg
Niobium	3.70E-08	kg
Nitrogen, atmospheric	1.75E-04	kg
Occupation, annual crop	5.28E-09	m2a
Occupation, annual crop	6.64E-06	m2a
Occupation, annual crop, irrigated	2.18E-09	m2a
Occupation, annual crop, irrigated, intensivlaend	8.87E-07	m2a
Occupation, annual crop, non-irrigated	4.60E-08	m2a
Occupation, annual crop, non-irrigated, exltaenndsive	7.76E-08	m2a
Occupation, annual crop, non-irrigated, intlaenndsive	6.46E-07	m2a
Occupation, construction site	9.78E-06	m2a
Occupation, dump site	1.02E-05	m2a
Occupation, forest, extensive	1.33E-04	m2a

Occupation, forest, intensive	1.56E-05	m2a
Occupation, grassland, natural (non-use) land	4.29E-04	m2a
Occupation, grassland, natural, for livestoclakngdrazing	2.27E-06	m2a
Occupation, industrial area	2.43E-06	m2a
Occupation, inland waterbody, unspecifiedland	1.11E-04	m2a
Occupation, mineral extraction site	3.87E-09	m2a
Occupation, pasture, man made	1.04E-04	m2a
Occupation, pasture, man made, extensiveland	5.84E-06	m2a
Occupation, pasture, man made, intensiveland	1.36E-08	m2a
Occupation, permanent crop	4.32E-07	m2a
Occupation, permanent crop, irrigated	8.08E-07	m2a
Occupation, permanent crop, irrigated, intleannsdive	3.88E-06	m2a
Occupation, permanent crop, non-irrigatedla,nindtensive	6.42E-08	m2a
Occupation, permanent crop, non-irrigatedland	1.22E-05	m2a
Occupation, sea and ocean	4.86E-09	m2a
Occupation, seabed, drilling and mining	6.12E-10	m2a
Occupation, seabed, infrastructure	3.28E-06	m2a
Occupation, shrub land, sclerophyllous	3.35E-08	m2a
Occupation, traffic area, rail network	2.97E-05	m2a
Occupation, traffic area, rail/road embankmlanednt	7.85E-06	m2a
Occupation, traffic area, road network	1.52E-03	m2a
Occupation, unspecified	7.22E-03	m2a
Occupation, urban, continuously built	1.18E-05	m2a
Occupation, urban, discontinuously built	6.28E-07	m2a
Occupation, urban, green areas	9.65E-09	m2a
Occupation, urban/industrial fallow (non-ulsaen)d	8.37E-09	m2a
Occupation, water bodies, artificial	1.11E-04	m2a
Oil, crude	2.91E-02	kg
Olivine	2.90E-10	kg

Oxygen	6.31E-04	kg
Palladium	1.89E-10	kg
Peat	3.49E-06	kg
Perlite	1.83E-08	kg
Phosphorus	2.43E-06	kg
Platinum	2.64E-10	kg
Potassium	2.43E-07	kg
Potassium chloride	1.05E-06	kg
Praseodymium	2.52E-08	kg
Pumice	3.90E-06	kg
Rhenium	1.78E-11	kg
Rhodium	3.45E-11	kg
Samarium	6.07E-09	kg
Sand	2.47E-03	kg
Scandium	7.52E-11	kg
Selenium	1.33E-08	kg
Shale	6.55E-03	kg
Silicon	1.69E-06	kg
Silver	1.93E-08	kg
Sodium	1.43E-09	kg
Sodium chloride	2.69E-04	kg
Sodium nitrate	1.86E-08	kg
Sodium sulfate	9.62E-07	kg
Spodumene	1.36E-08	kg
Strontium	7.31E-09	kg
Sulfur	3.62E-06	kg
Talc	1.53E-08	kg
Tantalum	2.73E-09	kg
Tellurium	2.47E-09	kg

Terbium	3.97E-10	kg
Tin	6.96E-08	kg
Titanium	8.03E-06	kg
Transformation, from annual crop	6.50E-06	m2
Transformation, from annual crop, greenhloaunsde	5.35E-09	m2
Transformation, from annual crop, irrigatelda,nidntensive	6.38E-07	m2
Transformation, from annual crop, irrigateldand	1.27E-07	m2
Transformation, from annual crop, non-irrilgaantded	6.77E-06	m2
Transformation, from annual crop, non-irrilgaantded, extensive	1.06E-06	m2
Transformation, from annual crop, non-irrilgaantded, intensive	2.99E-06	m2
Transformation, from arable land, unspecilfaiendduse	2.83E-06	m2
Transformation, from cropland fallow (nonla-unsde)	4.33E-09	m2
Transformation, from dump site, inert matlearniadl landfill	5.84E-06	m2
Transformation, from dump site, residual mlanatderial landfill	9.16E-08	m2
Transformation, from dump site, sanitary llaannddfill	3.61E-09	m2
Transformation, from dump site, slag comlpaanrdtment	5.21E-09	m2
Transformation, from forest, extensive	4.87E-07	m2
Transformation, from forest, intensive	4.92E-06	m2
Transformation, from forest, primary (nonl-aunsde)	1.18E-07	m2
Transformation, from forest, secondary (nloann-duse)	7.71E-08	m2
Transformation, from forest, unspecified	3.20E-05	m2
Transformation, from grassland, natural (nlaonnd-use)	2.62E-07	m2
Transformation, from grassland, natural, floarnldivestock grazing	4.82E-07	m2
Transformation, from heterogeneous, agrilcaunltdural	1.03E-10	m2
Transformation, from industrial area	1.36E-08	m2
Transformation, from mineral extraction siltaend	6.74E-07	m2
Transformation, from pasture, man made land	9.96E-06	m2
Transformation, from pasture, man made,laenxdtensive	2.72E-10	m2
Transformation, from pasture, man made,lainntdensive	3.54E-07	m2

Transformation, from permanent crop	6.48E-08	m2
Transformation, from permanent crop, irriglaantded	5.58E-07	m2
Transformation, from permanent crop, irriglaantded, intensive	3.37E-08	m2
Transformation, from permanent crop, nonla-nirdrigated	6.10E-07	m2
Transformation, from permanent crop, nonla-nirdrigated, intensive	4.86E-09	m2
Transformation, from river, natural (non-ulsaen)d	1.31E-07	m2
Transformation, from seabed, infrastructurlaend	1.20E-11	m2
Transformation, from seabed, unspecifiedland	3.28E-06	m2
Transformation, from shrub land, sclerophlyalnlodus	5.98E-06	m2
Transformation, from traffic area, rail/roadlaenmdbankment	3.58E-08	m2
Transformation, from traffic area, road netlawnodrk	3.58E-08	m2
Transformation, from unspecified	7.32E-12	m2
Transformation, from unspecified, natural l(annodn-use)	2.09E-05	m2
Transformation, from urban, continuously lbaunidlt	1.65E-09	m2
Transformation, from urban, green areas land	8.74E-11	m2
Transformation, from wetland, inland (nonla-unsde)	1.89E-11	m2
Transformation, to annual crop	1.49E-07	m2
Transformation, to annual crop, fallow	9.76E-07	m2
Transformation, to annual crop, greenhouslaend	1.02E-08	m2
Transformation, to annual crop, irrigated	5.35E-09	m2
Transformation, to annual crop, irrigated, leaxntdensive	6.38E-07	m2
Transformation, to annual crop, irrigated, lianntednsive	6.71E-09	m2
Transformation, to annual crop, non-irrigaltaendd	1.41E-07	m2
Transformation, to annual crop, non-irrigaltaendd, extensive	4.65E-06	m2
Transformation, to annual crop, non-irrigaltaendd, intensive	1.10E-06	m2
Transformation, to arable land, unspecifiedlanudse	1.09E-05	m2
Transformation, to dump site	2.89E-06	m2
Transformation, to dump site, inert materilaalnldandfill	4.94E-07	m2
Transformation, to dump site, residual maltaenridal landfill	5.84E-06	m2

Transformation, to dump site, sanitary lanldafnildl	9.16E-08	m2
Transformation, to dump site, slag comparlatmndent	3.61E-09	m2
Transformation, to forest, extensive	5.21E-09	m2
Transformation, to forest, intensive	1.26E-07	m2
Transformation, to forest, secondary (non-launsde)	5.26E-06	m2
Transformation, to forest, unspecified	8.62E-12	m2
Transformation, to grassland, natural (nonla-unsde)	6.47E-06	m2
Transformation, to grassland, natural, for llaivnedstock grazing	3.04E-08	m2
Transformation, to heterogeneous, agriculltaunrdal	3.97E-07	m2
Transformation, to industrial area	8.19E-07	m2
Transformation, to inland waterbody, unsplaencdified	9.84E-07	m2
Transformation, to mineral extraction site land	3.87E-11	m2
Transformation, to pasture, man made	3.65E-05	m2
Transformation, to pasture, man made, exlatenndsive	2.36E-07	m2
Transformation, to pasture, man made, inltaenndsive	2.72E-10	m2
Transformation, to permanent crop	2.43E-07	m2
Transformation, to permanent crop, irrigatlaedn,dintensive	4.90E-07	m2
Transformation, to permanent crop, irrigatlaednd	5.58E-07	m2
Transformation, to permanent crop, non-irlaringdated	3.37E-08	m2
Transformation, to permanent crop, non-irlaringdated, intensive	6.10E-07	m2
Transformation, to seabed, drilling and milnainndg	4.86E-09	m2
Transformation, to seabed, infrastructure land	3.28E-06	m2
Transformation, to seabed, unspecified	2.08E-09	m2
Transformation, to shrub land, sclerophyllolaunsd	1.20E-11	m2
Transformation, to traffic area, rail networlkand	5.94E-06	m2
Transformation, to traffic area, rail/road emlanbdankment	1.82E-08	m2
Transformation, to traffic area, road netwolarnkd	3.80E-06	m2
Transformation, to unspecified	1.25E-05	m2
Transformation, to unspecified, natural (nolann-duse)	1.53E-08	m2

Transformation, to urban, continuously bulialtnd	1.29E-10	m2
Transformation, to urban, discontinuouslylabnudilt	3.98E-09	m2
Transformation, to urban/industrial fallow land	1.12E-10	m2
Transformation, to water bodies, artificial land	1.50E-06	m2
Transformation, to wetland, inland (non-ulsaen)d	2.73E-11	m2
Tungsten	8.90E-10	kg
Ulexite	4.80E-09	kg
Uranium	3.49E-08	kg
Vanadium	4.77E-11	kg
Vermiculite	3.51E-07	kg
Volume occupied, final repository for radioactive waste	1.50E-11	m3
Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	3.82E-09	m3
Volume occupied, reservoir	4.59E-04	m3y
Volume occupied, underground deposit	2.19E-09	m3
Water, cooling, unspecified natural origin, PE	8.41E-04	m3
Water, in air	1.12E-07	m3
Water, lake, PE	9.26E-04	m3
Water, river, PE	8.22E-05	m3
Water, salt, ocean	6.20E-06	m3
Water, salt, sole	1.78E-05	m3
Water, turbine use, unspecified natural origin, PE	1.70E-04	m3
Water, unspecified natural origin, PE	2.69E-05	m3
Water, unspecified natural origin, PE	3.17E-04	m3
Water, well, PE	6.37E-05	m3
Wood, hard, standing	1.43E-07	m3
Wood, soft, standing	1.46E-07	m3
Wood, unspecified, standing/m3	8.65E-12	m3
Xenon	1.78E-11	kg
Yttrium	2.42E-09	kg

		Zinc	1.07E-05	kg	
		Zirconium	1.66E-06	kg	
DISPOSICIÓN EN RELLENO SANITARIO	Entradas	Aluminium	2.68E-06	kg	Ecoinvent 3
		Anhydrite	1.80E-09	kg	
		Antimony	4.56E-12	kg	
		Argon-40/kg	1.03E-06	kg	
		Arsenic	1.42E-10	kg	
		Barium	1.64E-05	kg	
		Basalt	1.71E-06	kg	
		Beryllium	6.84E-12	kg	
		Borax	4.50E-09	kg	
		Bromine	4.38E-10	kg	
		Cadmium	1.17E-10	kg	
		Calcite	5.93E-04	kg	
		Calcium	1.32E-07	kg	
		Carbon dioxide, in air	9.58E-05	kg	
		Carbon, organic, in soil or biomass stock	2.41E-07	kg	
		Carnallite	4.43E-09	kg	
		Cerium	4.23E-08	kg	
		Chromium	3.70E-06	kg	
		Chrysotile	2.50E-08	kg	
		Clay, bentonite	4.17E-06	kg	
		Clay, unspecified	1.43E-04	kg	
		Coal, brown	2.33E-04	kg	
		Coal, hard	1.01E-03	kg	
		Cobalt	6.75E-09	kg	
		Colemanite	5.22E-07	kg	

Copper	1.77E-06	kg
Diatomite	1.44E-11	kg
Dolomite	7.62E-06	kg
Dysprosium	1.18E-10	kg
Energy, geothermal, converted	7.45E-05	MJ
Energy, gross calorific value, in biomass	1.09E-03	MJ
Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	4.70E-06	MJ
Energy, kinetic (in wind), converted	5.89E-04	MJ
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	2.48E-03	MJ
Energy, solar, converted	1.67E-05	MJ
Europium	2.06E-10	kg
Feldspar	6.94E-11	kg
Fish, demersal, in ocean	7.97E-10	kg
Fish, pelagic, in ocean	4.89E-10	kg
Fluorine	4.68E-08	kg
Fluorspar	9.61E-07	kg
Gadolinium	5.49E-10	kg
Gallium	8.15E-10	kg
Gangue	4.40E-04	kg
Gangue, bauxite	2.78E-05	kg
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	7.66E-06	m3
Gas, natural/m3	6.01E-04	m3
Gold	3.87E-11	kg
Granite	1.16E-04	kg
Gravel	1.71E-01	kg
Gypsum	1.98E-05	kg
Hafnium	2.25E-09	kg
Iodine	1.53E-10	kg

Iron	2.40E-04	kg
Kaolinite	7.10E-08	kg
Kieserite	2.45E-16	kg
Krypton	3.59E-11	kg
Lanthanum	2.85E-08	kg
Laterite	3.13E-06	kg
Lead	2.20E-07	kg
Lithium	1.28E-11	kg
Magnesite	2.12E-06	kg
Magnesium	2.18E-07	kg
Manganese	3.32E-06	kg
Mercury	1.75E-12	kg
Metamorphous rock, graphite containing	4.59E-09	kg
Molybdenum	4.08E-08	kg
Neodymium	1.35E-08	kg
Nickel	4.13E-06	kg
Niobium	5.52E-09	kg
Nitrogen, atmospheric	5.53E-05	kg
Occupation, annual crop	2.84E-08	m2a
Occupation, annual crop	7.02E-07	m2a
Occupation, annual crop, greenhouse	4.65E-10	m2a
Occupation, annual crop, irrigated	1.80E-07	m2a
Occupation, annual crop, irrigated, intensive	9.29E-09	m2a
Occupation, annual crop, non-irrigated	2.89E-08	m2a
Occupation, annual crop, non-irrigated, extensive	1.42E-07	m2a
Occupation, annual crop, non-irrigated, intensive	2.31E-06	m2a
Occupation, construction site	2.51E-04	m2a
Occupation, dump site	1.52E-03	m2a

Occupation, forest, extensive	4.08E-06	m2a
Occupation, forest, intensive	1.23E-04	m2a
Occupation, grassland, natural (non-use)	5.57E-07	m2a
Occupation, grassland, natural, for livestock grazing	6.16E-07	m2a
Occupation, industrial area	4.35E-05	m2a
Occupation, inland waterbody, unspecified	6.68E-10	m2a
Occupation, mineral extraction site	6.55E-05	m2a
Occupation, pasture, man made	1.45E-06	m2a
Occupation, pasture, man made, extensive	2.38E-09	m2a
Occupation, pasture, man made, intensive	9.93E-08	m2a
Occupation, permanent crop	1.14E-07	m2a
Occupation, permanent crop, irrigated	8.37E-07	m2a
Occupation, permanent crop, irrigated, intensive	1.18E-08	m2a
Occupation, permanent crop, non-irrigated	2.96E-06	m2a
Occupation, permanent crop, non-irrigated, intensive	1.04E-09	m2a
Occupation, sea and ocean	1.42E-10	m2a
Occupation, seabed, drilling and mining	5.71E-07	m2a
Occupation, seabed, infrastructure	5.23E-09	m2a
Occupation, shrub land, sclerophyllous	2.51E-04	m2a
Occupation, traffic area, rail network	3.15E-06	m2a
Occupation, traffic area, rail/road embankment	1.57E-05	m2a
Occupation, traffic area, road network	1.92E-03	m2a
Occupation, unspecified	1.94E-07	m2a
Occupation, unspecified, natural (non-use)	1.76E-07	m2a
Occupation, urban, continuously built	1.80E-09	m2a
Occupation, urban, discontinuously built	8.32E-08	m2a
Occupation, urban, green areas	1.75E-09	m2a
Occupation, urban/industrial fallow (non-use)	2.03E-09	m2a

Occupation, water bodies, artificial	3.56E-05	m2a
Oil, crude	4.62E-03	kg
Olivine	6.21E-10	kg
Oxygen	1.33E-04	kg
Palladium	1.64E-11	kg
Peat	1.16E-06	kg
Perlite	3.47E-09	kg
Phosphorus	3.21E-07	kg
Platinum	2.08E-11	kg
Potassium	3.70E-08	kg
Potassium chloride	1.71E-07	kg
Praseodymium	4.39E-09	kg
Pumice	1.09E-06	kg
Rhenium	3.93E-12	kg
Rhodium	2.72E-12	kg
Samarium	1.07E-09	kg
Sand	7.05E-04	kg
Scandium	2.94E-09	kg
Selenium	1.18E-11	kg
Shale	2.94E-09	kg
Silicon	3.92E-07	kg
Silver	1.16E-09	kg
Sodium	1.36E-10	kg
Sodium chloride	1.07E-05	kg
Sodium nitrate	4.04E-09	kg
Sodium sulfate	8.83E-08	kg
Spodumene	1.64E-09	kg
Strontium	1.34E-09	kg

Sulfur	1.08E-06	kg
Talc	2.44E-09	kg
Tantalum	1.68E-10	kg
Tellurium	5.44E-10	kg
Terbium	7.08E-11	kg
Tin	1.14E-08	kg
Titanium	6.82E-07	kg
Transformation, from annual crop	7.28E-07	m2
Transformation, from annual crop, greenhouse	1.14E-09	m2
Transformation, from annual crop, irrigated	2.27E-07	m2
Transformation, from annual crop, irrigated, intensive	2.72E-08	m2
Transformation, from annual crop, non-irrigated	1.68E-06	m2
Transformation, from annual crop, non-irrigated, extensive	2.20E-07	m2
Transformation, from annual crop, non-irrigated, intensive	1.42E-06	m2
Transformation, from arable land, unspecified use	4.02E-07	m2
Transformation, from cropland fallow (non-use)	5.25E-10	m2
Transformation, from dump site, inert material landfill	9.33E-08	m2
Transformation, from dump site, residual material landfill	2.23E-08	m2
Transformation, from dump site, sanitary landfill	5.00E-05	m2
Transformation, from dump site, slag compartment	1.19E-09	m2
Transformation, from forest, extensive	1.58E-07	m2
Transformation, from forest, intensive	1.39E-06	m2
Transformation, from forest, primary (non-use)	2.45E-08	m2
Transformation, from forest, secondary (non-use)	8.22E-09	m2
Transformation, from forest, unspecified	4.74E-06	m2
Transformation, from grassland, natural (non-use)	6.47E-08	m2
Transformation, from grassland, natural, for livestock grazing	9.10E-08	m2
Transformation, from heterogeneous, agricultural	2.48E-11	m2

Transformation, from industrial area	2.78E-09	m2
Transformation, from mineral extraction site	1.48E-06	m2
Transformation, from pasture, man made	6.06E-05	m2
Transformation, from pasture, man made, extensive	4.75E-11	m2
Transformation, from pasture, man made, intensive	9.88E-08	m2
Transformation, from permanent crop	1.11E-08	m2
Transformation, from permanent crop, irrigated	1.30E-07	m2
Transformation, from permanent crop, irrigated, intensive	7.11E-09	m2
Transformation, from permanent crop, non-irrigated	1.48E-07	m2
Transformation, from permanent crop, non-irrigated, intensive	1.04E-09	m2
Transformation, from river, natural (non-use)	1.79E-08	m2
Transformation, from seabed, infrastructure	2.96E-12	m2
Transformation, from seabed, unspecified	5.71E-07	m2
Transformation, from shrub land, sclerophyllous	5.01E-05	m2
Transformation, from traffic area, rail/road embankment	9.94E-09	m2
Transformation, from traffic area, road network	1.65E-12	m2
Transformation, from unspecified	6.82E-06	m2
Transformation, from unspecified, natural (non-use)	4.62E-10	m2
Transformation, from urban, continuously built	1.62E-11	m2
Transformation, from urban, green areas	3.71E-12	m2
Transformation, from wetland, inland (non-use)	4.38E-08	m2
Transformation, to annual crop	3.04E-07	m2
Transformation, to annual crop, fallow	1.55E-09	m2
Transformation, to annual crop, greenhouse	1.14E-09	m2
Transformation, to annual crop, irrigated	2.27E-07	m2
Transformation, to annual crop, irrigated, extensive	1.43E-09	m2
Transformation, to annual crop, irrigated, intensive	2.93E-08	m2
Transformation, to annual crop, non-irrigated	1.17E-06	m2

Transformation, to annual crop, non-irrigated, extensive	2.33E-07	m2
Transformation, to annual crop, non-irrigated, intensive	2.41E-06	m2
Transformation, to arable land, unspecified use	4.00E-07	m2
Transformation, to dump site	1.12E-07	m2
Transformation, to dump site, inert material landfill	9.33E-08	m2
Transformation, to dump site, residual material landfill	2.23E-08	m2
Transformation, to dump site, sanitary landfill	5.00E-05	m2
Transformation, to dump site, slag compartment	1.19E-09	m2
Transformation, to forest, extensive	3.25E-08	m2
Transformation, to forest, intensive	1.51E-06	m2
Transformation, to forest, secondary (non-use)	1.95E-12	m2
Transformation, to forest, unspecified	5.16E-05	m2
Transformation, to grassland, natural (non-use)	7.45E-09	m2
Transformation, to grassland, natural, for livestock grazing	9.43E-08	m2
Transformation, to heterogeneous, agricultural	1.14E-07	m2
Transformation, to industrial area	8.38E-07	m2
Transformation, to inland waterbody, unspecified	6.68E-12	m2
Transformation, to mineral extraction site	9.39E-06	m2
Transformation, to pasture, man made	5.71E-08	m2
Transformation, to pasture, man made, extensive	4.75E-11	m2
Transformation, to pasture, man made, intensive	6.13E-08	m2
Transformation, to permanent crop	1.12E-07	m2
Transformation, to permanent crop, irrigated	1.30E-07	m2
Transformation, to permanent crop, irrigated, intensive	7.11E-09	m2
Transformation, to permanent crop, non-irrigated, intensive	1.04E-09	m2
Transformation, to permanent crop, non-irrigated	1.48E-07	m2
Transformation, to seabed, drilling and mining	5.71E-07	m2
Transformation, to seabed, infrastructure	3.23E-10	m2

Transformation, to seabed, unspecified	2.96E-12	m2
Transformation, to shrub land, sclerophyllous	5.01E-05	m2
Transformation, to traffic area, rail network	7.29E-09	m2
Transformation, to traffic area, rail/road embankment	5.09E-08	m2
Transformation, to traffic area, road network	1.03E-05	m2
Transformation, to unspecified	3.84E-08	m2
Transformation, to unspecified, natural (non-use)	4.30E-09	m2
Transformation, to urban, continuously built	2.39E-11	m2
Transformation, to urban, discontinuously built	1.96E-09	m2
Transformation, to urban/industrial fallow	2.70E-11	m2
Transformation, to water bodies, artificial	1.22E-06	m2
Transformation, to wetland, inland (non-use)	6.17E-12	m2
Tungsten	1.75E-10	kg
Ulexite	1.02E-09	kg
Uranium	9.85E-09	kg
Vanadium	4.54E-12	kg
Vermiculite	6.30E-08	kg
Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	5.85E-10	m3
Volume occupied, final repository for radioactive waste	3.93E-12	m3
Volume occupied, reservoir	1.17E-04	m3y
Volume occupied, underground deposit	2.37E-10	m3
Water, cooling, unspecified natural origin, PE	2.20E-04	m3
Water, in air	3.39E-09	m3
Water, lake, PE	2.35E-04	m3
Water, river, PE	2.23E-05	m3
Water, salt, ocean	1.15E-06	m3
Water, salt, sole	2.67E-06	m3
Water, turbine use, unspecified natural origin, PE	1.92E-02	m3

Water, unspecified natural origin, PE	5.94E-07	m3
Water, unspecified natural origin, PE	8.33E-06	m3
Water, well, PE	1.45E-05	m3
Wood, hard, standing	3.56E-08	m3
Wood, soft, standing	4.52E-08	m3
Wood, unspecified, standing/m3	4.01E-12	m3
Xenon	4.21E-12	kg
Yttrium	4.33E-10	kg
Zinc	1.01E-06	kg
Zirconium	1.23E-07	kg

Nota. La tabla muestra los valores empleados de la base de datos Ecoinvent 3.