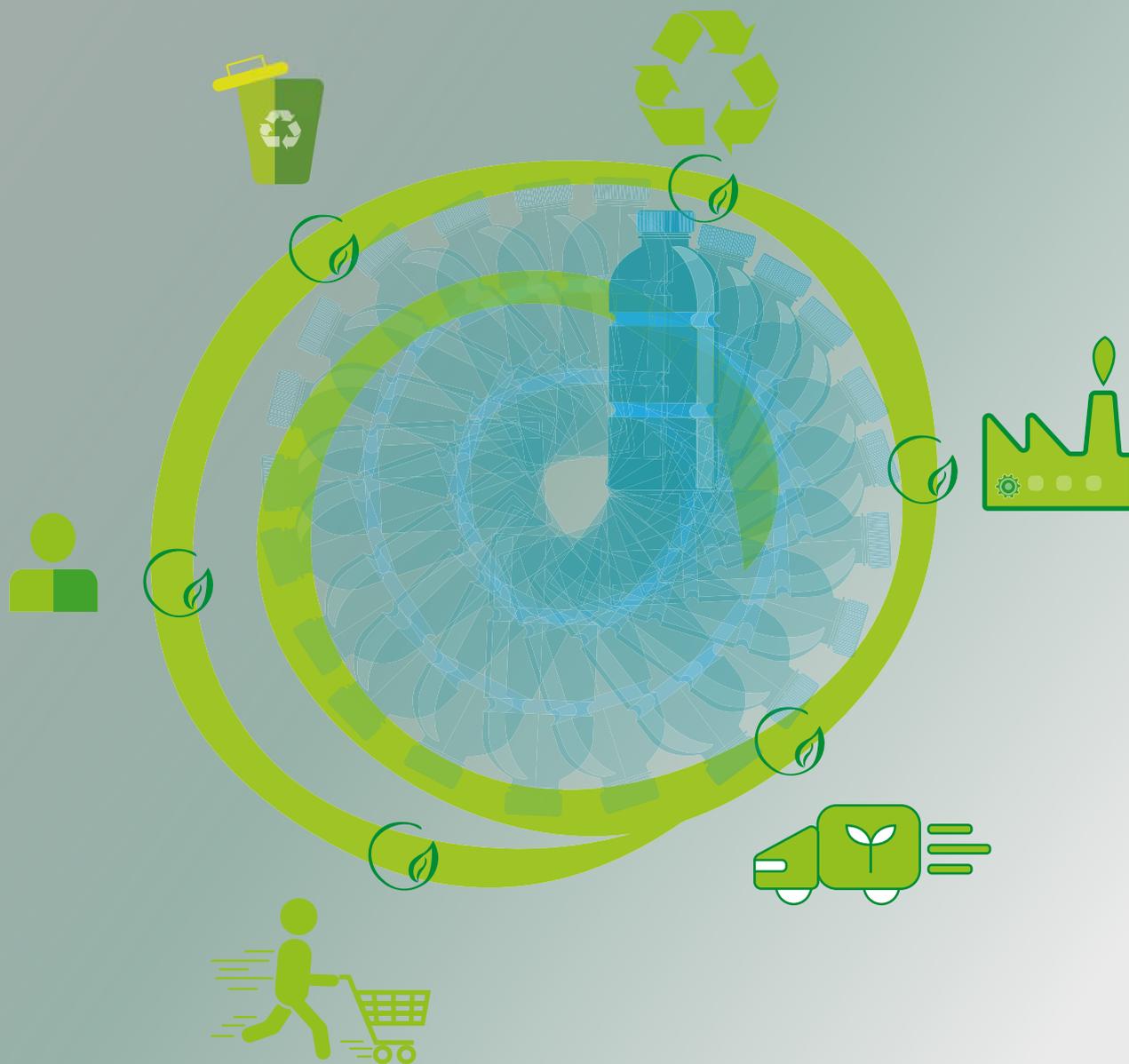


El mundo cambia, ¿Y tú?

Acelerando el cambio hacia una Economía Circular en Plástico en Lima Metropolitana y el Callao



Acelerando el cambio hacia una **Economía Circular en Plástico en Lima Metropolitana y el Callao**

Este documento ha sido elaborado por el
Centro de Ecoeficiencia y Responsabilidad
Social - CER, que opera el Grupo GEA.





Acelerando el cambio hacia una Economía Circular en Plástico en Lima Metropolitana y el Callao

Primera edición julio 2020

©2020, Grupo GEA

Calle Paul de Baudiez 588, San Isidro, Lima, Perú.

Teléfono: (511) 467-1802 / 467-1975.

Correo electrónico: comunicaciones@grupogea.org.pe

El CER es un proyecto operado por Grupo GEA.

©Roxana Díaz Vega

Marcos Alegre Chang

Marice Salvador Alejos

ISBN:

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, N°

Registro de Proyecto Editorial

Esta publicación o cualquiera de sus partes no podrá ser reproducida sin autorización previa del CER / Grupo GEA.

Editado en el Perú

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE TABLAS	4
ABREVIATURAS Y SIGLAS	5
PRESENTACIÓN.....	6
1.ECONOMÍA CIRCULAR DE PLÁSTICO	11
2. DIAGNÓSTICO DE LOS FLUJOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICO FORMAL E INFORMAL EN EL PAÍS.....	13
2.1. Análisis legal.....	13
2.1.1. Normal legales.....	13
2.1.2. Compromisos internacionales.....	18
2.2. Procesos del mercado nacional de plástico.....	20
2.3. Características y nivel de formalidad de los centros de acopio.....	22
2.4. Análisis del flujo de materiales del plástico.....	30
2.4.1. Flujos de procesos utilizados en el MAFM.....	31
2.4.2. Determinación de valores de las interacciones en los procesos.....	32
2.4.3. Modelo de análisis de Flujo de Materiales.....	39
2.5. Conclusiones y recomendaciones.....	41
3. PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL RECICLAJE DEL PLÁSTICO.....	42
3.1. Análisis de la producción de los CA.....	42
3.2. Barrera de entrada al mercado.....	45
3.3. Descripción de optimización.....	47
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS.....	53
Anexo 1. Encuesta a centros de acopio	53
Anexo 2. Cuestionario a productores claves.....	58
Anexo 3. Cuestionario a actores clave	60
Anexo 4. Registro de asistencia al Desayuno de trabajo sobre el Diagnóstico	61
Anexo 5. Estadísticas descriptivas de las variables	65

Anexo 6. Estadísticas descriptivas de las variables expresadas de manera logarítmica	65
Anexo 7. Resultados de la estimación de los modelos de la función de producción de los residuos de plástico.....	66
Anexo 8. Resultados de la estimación de los modelos de la función de producción de los residuos de PET	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Normas legales generales vigentes relacionadas a la economía circular del plástico ..	14
Cuadro 2. Normas legales específicas relacionadas a la economía circular del plástico	17
Cuadro 3. Compromisos internacionales relacionados a la economía circular del plástico	19
Cuadro 4. Acciones para fortalecer la demanda y oferta de plásticos reciclados según OCDE	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos de la nueva economía del plástico propuestos por la Fundación Ellen MacArthur	12
Figura 2. Diagrama de flujo procesos de la industria del plástico y la gestión de sus residuos en el Perú	21
Figura 3. Cantidad de CA y residuos comercializados por nivel de formalidad	23
Figura 4. Composición de los residuos por tipo de polímero comercializado por CA por nivel de formalidad	24
Figura 5. Acondicionamiento de los residuos de plástico por CA por nivel de formalidad	24
Figura 6. Equipos utilizados por los CA por nivel de formalidad.....	25
Figura 7. Variación de los precios mínimos (verano) de los residuos de plástico en CA por nivel de informalidad	26
Figura 8. Variación de los precios máximos (invierno) de los residuos de plástico en CA por nivel de informalidad	26
Figura 9. Distribución de los tipos de proveedores y compradores de los CA según la cantidad de residuos (t) comercializada.	27
Figura 10. Distribución de proveedores de los CA formales e informales según la cantidad de residuos de plástico (t) comercializada.	27

Figura 11. Cantidad de residuos de plástico (t) vendido a los CA formales e informales por tipo de proveedor.....	28
Figura 12. Distribución de compradores a los CA formales e informales según la cantidad de residuos de plástico (t) comercializada.	28
Figura 13. Cantidad de residuos de plástico (t) vendido por a CA formales e informales por tipo de proveedor.	29
Figura 14. Cadena de comercialización de los residuos de plástico	30
Figura 15. Segmentación de los CA en función a los precios de los residuos de PET comercializados	30
Figura 16. Diagrama de flujo de procesos simplificado del mercado de plástico en el Perú	31
Figura 17. Diagrama de flujo de procesos simplificado del mercado del PET en el Perú	31
Figura 19. Resultados del balance de materia del plástico para el año 2018, valores expresados en miles de t.....	39
Figura 20. Resultados del balance de materia del PET para el año 2018, valores expresados en miles de t	40
Figura 21. Flujo de plástico a nivel nacional en 2018	40
Figura 22. Flujo de PET a nivel nacional en 2018	41
Figura 23. Ventajas de la formalidad declaradas por los CA.....	45
Figura 24. Desventajas de la formalidad declaradas por los CA	45
Figura 25. Barreras de la formalidad declaradas por los CA	46
Figura 26. Esquema gráfico de la distribución espacial de los CA de la propuesta de optimización	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales características de los CA por nivel de formalidad.....	23
Tabla 2. Precios mínimos y máximos de los residuos de plástico en los CA	25
Tabla 3. Partidas arancelarias del mercado de plástico nacional.....	33
Tabla 4. Partidas arancelarias del mercado de PET nacional	34
Tabla 5. Importaciones y exportaciones del plástico en el Perú expresado en peso (miles de t) y dinero (millones de US\$) para el año 2018.....	34

Tabla 6. Importaciones y exportaciones del PET en Perú expresado en peso (miles de t) y dinero (millones de US\$) para el año 2018.....	35
Tabla 7. Proceso de disposición de residuos de plástico y PET en Perú para el periodo 2018	35
Tabla 8. Subproceso de disposición adecuada de residuos de plástico y PET en Perú para el periodo 2018	36
Tabla 9. Subproceso de reciclaje de residuos de origen nacional de plástico y PET en el periodo 2018, a partir de los resultados de la encuesta aplicada durante la investigación	36
Tabla 10. Disposición, reciclaje de residuos de origen nacional, disposición en infraestructura adecuada y vertimiento en el ambiente de los residuos de plástico y PET, en Perú, en 2018.....	38
Tabla 11. Reciclaje de residuos de plástico y PET en el Perú, en el periodo 2018.....	39
Tabla 12. Porcentaje de residuos de plástico y PET manejados por CA formales e informales en Perú, en el periodo 2018.....	39
Tabla 13. Formas funcionales utilizadas en la estimación del modelo de la función de producción de residuos de plástico de los CA	42
Tabla 14. Formas funcionales utilizadas en la estimación del modelo de la función de producción de residuos de PET de los CA	43
Tabla 15. Resultados de pruebas estadísticas realizadas a la función de producción de plástico	43
Tabla 16. Resultados de pruebas estadísticas realizadas a la función de producción de PET	43
Tabla 17. Modelo seleccionado de la función de producción de residuos de plástico de los CA .	44
Tabla 18. Modelo seleccionado de la función de producción de residuos de PET de los CA.....	44

ABREVIATURAS Y SIGLAS

CA	Centro(s) de Acopio
El Proyecto	Proyecto “Acelerando el cambio hacia una economía circular en Plástico, Lima, Perú”
EORS	Empresa Operadora de Residuos Sólidos
IEES	Instituto de Estudios Económicos y Sociales
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Ley de Plásticos	Ley N° 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables
LGIRS	Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
MAFM	Modelo de Análisis de Flujo de materiales
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONU Medio Ambiente	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PEBD	Polietileno de Baja Densidad
PET	Tereftalato de polietileno
PP	Polipropileno
PVC	Polivinil Cloruro Sistema de Información
SIGERSOL	Sistema de Información Para la Gestión de Residuos Sólidos
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SNI	Sociedad Nacional de Industrias
t	Toneladas
US\$	Dólares americanos

Presentación



La pandemia del COVID-19 ha develado la extraordinaria importancia de asegurar que los procesos productivos y económicos; así como, las actividades de la vida diaria se den en condiciones de adecuada salubridad e higiene, al mismo tiempo de evitar la contaminación ambiental. El reciclaje de los residuos sólidos es una actividad positiva para el medio ambiente y genera empleo. Sin embargo, estos impactos positivos se pueden ver reducidos con el reciclaje que se lleva a cabo en condiciones laborales inaceptables y con procedimientos que contaminan el ambiente, como ocurre en el reciclaje informal. Además de estimular el reciclaje y con la finalidad de reducir la carga sobre el ambiente y los sistemas de gestión de residuos sólidos es necesario establecer políticas e iniciativas para minimizar la generación de residuos, destacando entre ellos el plástico.

El consumo superfluo del plástico, especialmente el plástico de un solo uso (descartable), y la inadecuada disposición de sus residuos ha generado impactos ambientales significativos por lo que se han tomado diversas acciones a nivel local, nacional, regional e internacional.

Perú, en diciembre de 2018, aprobó la Ley N° 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases de un solo uso, cuyo objeto es establecer el marco regulatorio sobre el plástico de un solo uso con la finalidad de contribuir en la concreción del derecho que tiene toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, reduciendo para ello el impacto adverso de los residuos de plástico en la salud humana y del ambiente.

La referida Ley se fundamenta en el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos¹, el mismo que moderniza los lineamientos para la gestión de residuos sólidos en Perú y establece las bases para la transición hacia una economía circular.

Lo señalado anteriormente, y la predisposición e impulso de la ciudadanía e industria plástica peruana generan un contexto favorable para la implementación de iniciativas relacionadas al consumo y producción sostenible del plástico, con especial atención al reciclaje de tereftalato de polietileno (en adelante, **PET**) ya que el artículo 10 de la Ley N° 30884 dispone la obligación del uso de material reciclado postconsumo en botellas de PET, en al menos 15% de su composición.

Se conoce que la tasa de reciclaje formal en el Perú es muy baja (<3.5%)² y que Lima Metropolitana y Callao generan alrededor del 50% de los residuos plástico a nivel nacional³. Sin embargo, la información disponible es escasa y limitada al sector formal, a pesar de que existe un consenso sobre que el sector informal mueve importantes volúmenes de reciclaje, incluso volúmenes mayores que el sector formal.

Ante este contexto, el proyecto “Acelerando el cambio hacia una economía circular en Plástico, Lima, Perú” ejecutado por el Grupo GEA en alianza con Reciclame, busca mejorar el reciclaje de plástico con enfoque de economía circular en Lima y Callao a través de una alianza privada coordinada con el sector público. Para ello ha realizado el diagnóstico de los flujos y reciclaje del plástico formal e informal en el área de influencia, una propuesta de optimización del reciclaje del plástico consensuada con actores de la cadena de valor. La sistematización de los resultados y las experiencias son mostradas en el presente documento.

1 Publicada el 23 de diciembre de 2016. Asimismo, el 21 de diciembre de 2017, mediante Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, se aprobó el Reglamento de la LGIRS.

2 Ministerio del Ambiente (2018). Tasa calculada a partir de la relación de la cantidad de residuos de plástico respecto a la cantidad de residuos sólidos inorgánicos generados en el ámbito municipal de acuerdo a lo reportado en el SIGERSOL para el año 2018.

3 Ministerio del Ambiente (2018). Porcentaje respecto a los residuos sólidos generados en el ámbito municipal de acuerdo a lo reportado en el SIGERSOL para el año 2017.

AGRADECIMIENTO

- 🌱 **Comité de Plásticos de la Sociedad Nacional de Industrias**
- 🌱 **Embajada Británica Lima**
- 🌱 **Ministerio del Ambiente - MINAM**
- 🌱 **Ministerio de la Producción – PRODUCE**
- 🌱 **Municipalidad de Lima Metropolitana**
- 🌱 **OCEANA**
- 🌱 **Peruana de Moldeados S.A. - PAMOLSA**
- 🌱 **San Miguel Industrias - SMI**
- 🌱 **Sistema Coca Cola**
- 🌱 **Sociedad de Comercio Exterior (ComexPerú)**
- 🌱 **Reciclame**
- 🌱 **Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM**

1. Economía Circular



1. ECONOMÍA CIRCULAR

Empezaremos por la definición de la economía circular, la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) y la Fundación Ellen MacArthur la definen como *“Economía que es restauradora y regenerativa por diseño, y que tiene por objeto mantener en todo momento la mayor utilidad y valor de los productos, componentes y materiales, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos”*⁴.

La Economía Circular busca redefinir el modelo de económico desvinculando el desarrollo económico del consumo de recursos y los impactos ambientales y sociales negativos. Para ello se fundamenta en tres principios: (1) Preservar y mejorar el capital natural controlando existencias finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables, (2) Optimizar el uso de los recursos rotando productos, componentes y materiales con la máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos, y (3) Fomentar la eficacia del sistema revelando y eliminando externalidades negativas⁵.

“Economía Circular, que es restauradora y regenerativa por diseño. Tiene por objeto mantener la mayor utilidad y valor de los productos, componentes y materiales, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos”.

El modelo hace una distinción entre ciclos técnicos y biológicos, y promueve a transición del consumo al uso. El consumo ocurre solamente en los ciclos biológicos, donde alimentos y otros materiales de base biológica son diseñados para regresar al sistema mediante procesos de compostaje y digestión anaerobia. Los ciclos regeneran sistemas vivos, como el suelo, que ofrecen recursos renovables para la economía. Por otro lado, en los ciclos técnicos se promueve el uso a través de servicios, los productos, componentes y materiales se recuperan y restauran mediante estrategias de reutilización, reparación, remanufactura o reciclaje⁶.

Frecuentemente, se suele considerar que la economía circular y el reciclaje son equivalentes; sin embargo; esa afirmación es errónea. Para poder entender esta diferencia, primero es necesario entender el término valor. Cuando un producto se oferta en el mercado, por ejemplo, una botella de agua mineral, el valor de este producto no solo está determinado por el agua que contiene y su embalaje, sino que incluye el valor que se ha agregado en las diferentes operaciones y procesos realizados para obtener el producto considerando un enfoque de ciclo de vida, desde la extracción de la materia prima, la manufactura, el diseño, la publicidad, la logística, el transporte, entre otros.

El reciclaje es necesario en un modelo de economía circular, pero debería ser parte del ciclo natural de reincorporación del material en el sistema, luego de haber utilizado o permanecido el valor del producto durante el mayor tiempo posible. En ese sentido, bajo la característica de la Economía Circular de “pensar en cascadas”, se debe priorizar las acciones en el siguiente orden de listado: compartir o realizar mantenimiento, reutilizar o redistribuir, renovar o remanufactura, y reciclar en última instancia⁷.

La Economía Circular surge como una alternativa para hacer frente a diversas problemáticas ambientales y sociales. Entre ellas, el plástico ha adquirido una mayor atención por el impacto en el ambiente y la salud pública que pueden generar los microplásticos.

4 Numeral 3.1 de la norma técnica ISO 20400:2017, Compras sostenibles - Directrices. Esta definición ha sido adaptada de la Fundación Ellen MacArthur, organización referente en el tema. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:20400:ed-1:v1:es>

5 Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>

6 Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>

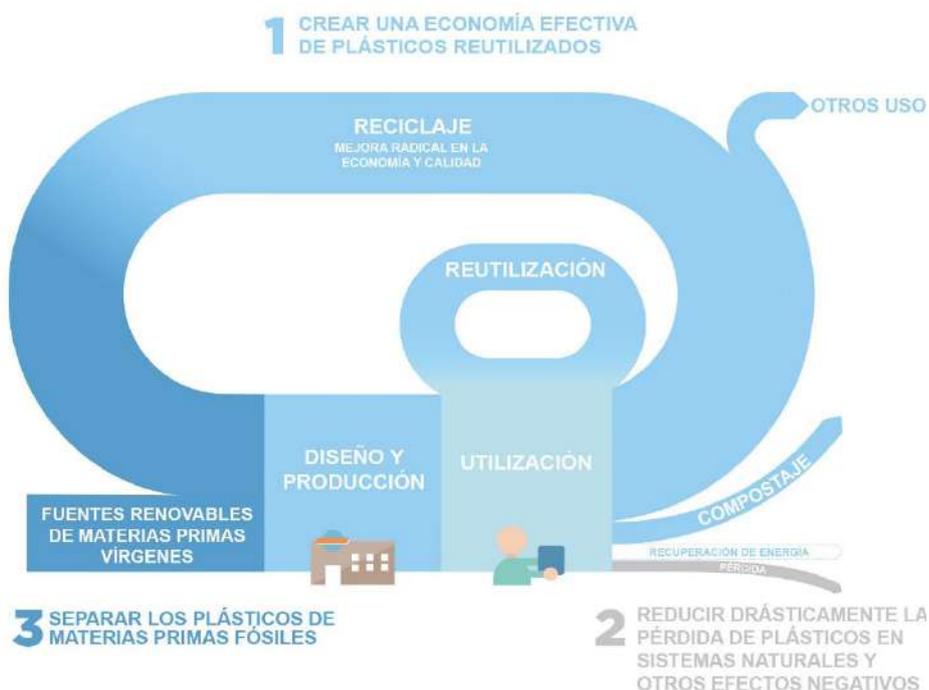
7 Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/diagrama-sist%C3%A9mico>

La ONU Medio Ambiente (2018) señala que se deben adoptar acciones que concuerden con la jerarquía de gestión de residuos y con el enfoque de economía circular. Al respecto, enfatiza que en primer lugar se debe minimizar la generación de residuos de plástico, luego señala que es imperante mejorar los servicios de recolección de residuos sólidos, fortalecer la industria del reciclaje y garantizar la disposición de los residuos en infraestructura adecuada y autorizada⁸.

“La Economía Circular surge como una alternativa para hacer frente a diversas problemáticas ambientales y sociales. Entre ellas, el plástico ha adquirido una mayor atención por el impacto en el ambiente y la salud pública que pueden generar los microplásticos”

Por su parte, la Fundación Ellen MacArthur⁹, propone el desarrollo de un nuevo modelo de la economía del plástico sobre la base de la economía circular y cuyos objetivos son mostrados en la Figura 1. Esta propuesta es un rediseño de la economía del plástico que lograr su integración, coordinación y normalización. Por ejemplo, el desarrollo e introducción de nuevos polímeros y productos elaborados con plástico deberían estar coordinados con el desarrollo del correspondiente sistema de reciclaje o reuso de estos nuevos productos; o la identificación e introducción de materiales sustitutos debe estar sustentada en una sólida base científica y un análisis del ciclo de vida de los referidos materiales.

Figura 1. Objetivos de la nueva economía del plástico propuestos por la Fundación Ellen MacArthur



Fuente: Ellen MacArthur (2016)¹⁰

8 ONU Medio Ambiente (2018). PLÁSTICOS DE UN SOLO USO: Una hoja de ruta para la sostenibilidad. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y

9 World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company (2016). The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics. Disponible en: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>.

10 Traducción de la imagen tomada de: <https://vivirsinplastico.com/ellen-mcarthur-y-la-nueva-economia-del-plastico/>

El objetivo de la propuesta de la Fundación Ellen MacArthur es que los plásticos nunca se desperdicien, sino que el material se reincorpore en la economía. Es decir, crear una efectiva economía del plástico después de su uso, reduciendo el plástico que llega a lugares naturales, especialmente al océano.

La OCDE señala que la transición a una economía más circular del plástico, debe estar caracterizada por productos de mayor duración, con menos contenido tóxico y mayores tasas de recolección y reciclaje. Asimismo, incide en que las políticas deben abordar las limitaciones de la demanda y la oferta de los mercados de plástico. En el caso de la demanda, se requiere establecer una demanda específica de plásticos reciclados, y nivelar el campo de juego entre plásticos vírgenes y plásticos reciclados. Respecto a la oferta, propone mejorar la sostenibilidad de los materiales y productos plásticos en la etapa de diseño, e incrementar la oferta de plásticos recuperados y la mejora de calidad de la materia prima resultante.¹¹

Perú, en los últimos años, ha emprendido acciones a nivel nacional e internacional para que la economía del plástico nacional transite de un modelo lineal a uno circular, empezando por la regulación de los bienes de plástico de un solo uso de mayor demanda: bolsas, sorbetes, botellas y envases para alimentos y bebidas. Asimismo, en 2019, el MINAM suscribió el Nuevo Compromiso Global de la Economía Circular del Plástico¹² que está liderado por la Fundación Ellen MacArthur, en colaboración con ONU Medio Ambiente, cuya finalidad es erradicar la contaminación por plásticos en su origen, para lo cual los diferentes actores a nivel mundial formarán una red de actores líderes que se comprometen a trabajar soluciones para abordar las causas básicas de la contaminación por plástico y sus residuos al año 2025.

11 OECD (2018), *Improving Markets for Recycled Plastics: Trends, Prospects and Policy Responses*, OECD Publishing, Paris. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264301016-en>

12 Disponible en: <https://www.newplasticseconomy.org/projects/global-commitment>

2. Diagnóstico de flujos y reciclaje de plástico forma e informal en el país



2. DIAGNÓSTICO DE LOS FLUJOS Y RECICLAJE DEL PLÁSTICO FORMAL E INFORMAL EN EL PAÍS

El diagnóstico incluye el análisis de las normas legales nacionales y los compromisos internacionales asumidos por el Perú relacionados a la economía circular de plástico que es desarrollado en el numeral 2.1, y el análisis del flujo del plástico en el sector formal e informal que es desarrollado en el numeral 2.2.

2.1. Análisis legal

En el presente análisis se abordará las normas relacionadas al reciclaje del plástico y la economía circular, y de alcance nacional. El reciclaje ya ha sido abordado en nuestro país como una medida de la gestión de los residuos sólidos, por lo que la cantidad de normas y compromisos nacionales relacionados al reciclaje puede ser mayor a la que se muestra en el presente documento.

2.1.1 Normas legales

Las normas legales nacionales relacionadas a la economía circular del plástico, con énfasis en el reciclaje, con agrupadas en normas generales y específicas. Las primeras, listadas en Cuadro 1, brindan las bases para la aplicación de la economía circular del plástico a pesar de no estar dirigidas específicamente al tema en análisis. En el año 1991, la **Ley Marco para el crecimiento de la Inversión Privada** incluyó en su artículo 55 una disposición relacionada al destino de los residuos importados: “Está prohibido internar al territorio nacional residuos o desechos, cualquiera sea su origen o estado material, que por su naturaleza, uso o fines, resultare peligrosos o radiactivos. Por Decreto Supremo que cuente con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros se establecerá la relación de dichos bienes. El internamiento de cualquier otro tipo de residuos o desechos sólo podrá estar destinado a su reciclaje, reutilización o transformación”.

Luego en 2009, la **Ley General del Ambiente**, tiene una relevancia especial debido a las disposiciones relacionadas al principio de sostenibilidad, de internalización de costos y responsabilidad ambiental mencionados en el Título Preliminar. Asimismo, en el artículo 119° establece las responsabilidades del manejo de los residuos sólidos de ámbito municipal y no municipal, mientras que el artículo 77 establece la promoción de la Producción Más Limpia donde el reciclaje es una de las acciones que puede implementar una organización para tal fin.

Cuadro 1. Normas legales generales vigentes relacionadas a la economía circular del plástico

1.	Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el crecimiento de la Inversión Privada (1991).
2.	Ley N° 28611, Ley General del Ambiente (2009).
3.	Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, Política Nacional del Ambiente (2009).
4.	Ley N° 29332, Ley que crea el Plan de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal y sus modificatorias (2009).
5.	Ley N° 2941, Ley que regula la actividad de los recicladores (2009).
6.	Decreto Supremo N° 005-2010-MINAM, Reglamento de la Ley que regula la actividad de los recicladores (2010).
7.	Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM, Plan Nacional de Acción Ambiental. PLANAA-Perú 2011-2021 (2011).
8.	Decreto Supremo N° 017-2012-ED, Política Nacional de Educación Ambiental (2012).
9.	Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016).
10.	Resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM. Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024 (PLANRES) (2016).
11.	Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento de la LGIRS (2017).
12.	Decreto Supremo N° 345-2018-EF, que aprueba la Política Nacional de Competitividad y Productividad (2018).
13.	Decreto Supremo N° 237-2019-EF, Plan Nacional de Competitividad y Productividad (2019).
14.	DECRETO SUPREMO N° 004-2019-PRODUCE, Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1414, Decreto Legislativo que autoriza al Ministerio de la Producción a conformar núcleos ejecutores de compras para promover y facilitar el acceso de las micro y pequeñas empresas a las compras públicas (2019).

Fuente: Elaboración propia

La **Política Nacional del Ambiente (PNA)** establece en su segundo, cuarto y quinto objetivo específico lo siguiente: asegurar la calidad ambiental adecuada para la salud y el desarrollo integral de las personas; alcanzar un alto grado de conciencia y cultura ambiental en el país; y, lograr el desarrollo ecoeficiente y competitivo de los sectores público y privado, promoviendo las potencialidades y oportunidades económicas y ambientales nacionales e internacionales.

Por un lado, el segundo eje de la PNA correspondiente a la “Gestión Integral de la Calidad Ambiental” establece lineamientos específicos para la gestión de los residuos sólidos, dentro de los que destacan:

- Fortalecer la gestión de los gobiernos regionales y locales en materia de residuos sólidos de ámbito municipal, priorizando su aprovechamiento.
- Impulsar campañas nacionales de educación y sensibilización ambiental para mejorar las conductas respecto de la inadecuada disposición de residuos y fomentar la reducción, segregación, reúso y reciclaje; así como el reconocimiento de la importancia de contar con rellenos sanitarios para la disposición final de los residuos.
- Promover la inversión pública y privada en proyectos para mejorar los sistemas de recolección, operaciones de reciclaje, disposición final de residuos sólidos y el desarrollo de infraestructura a nivel nacional; asegurando el cierre o clausura de botaderos y otras instalaciones ilegales.
- Promover la formalización de los segregadores y recicladores y otros actores que participan en el manejo de los residuos sólidos.

Por otro lado, el tercer eje de la PNA correspondiente a la “Gobernanza ambiental” desarrolla lineamientos referidos a la gestión de la cultura, educación y ciudadanía ambiental que establecen, entre otros, el fomento de una cultura y modos de vida compatibles con los principios de sostenibilidad, el fomento de la responsabilidad socio ambiental y la ecoeficiencia por parte de personas, familias, empresas e instituciones.

En ese mismo año se emite la Ley N° 2941, **Ley que regula la actividad de los recicladores** y posteriormente se aprueba su reglamento mediante Decreto Supremo N° 005-2010-MINAM. Esta norma tiene como objeto establecer el marco normativo para la regulación de las actividades de los trabajadores del reciclaje, orientada a la protección, capacitación y promoción del desarrollo social y laboral, promoviendo su formalización, asociación y contribuyendo a la mejora en el manejo ecológicamente eficiente de los residuos sólidos en el país.

En el año 2011, el **Plan Nacional de Acción Ambiental 2017-2022**, atención al segundo eje de la PNA, establece como meta prioritaria al 2021, que el 100% de residuos sólidos del ámbito municipal, incluyendo los residuos de plástico, sean manejados, reaprovechados y dispuestos adecuadamente. Del mismo modo, establece como acción estratégica, minimizar la generación, mejorar la segregación, recolección selectiva y reciclaje de residuos sólidos del ámbito municipal estableciendo como meta específica que el 100% de los residuos sólidos reutilizables sean reciclados¹³.

Por su parte, la **Política Nacional de Educación Ambiental**, concordante con el tercer eje de la PNA, presenta como objetivo general: “*Desarrollar la educación y la cultura ambiental orientadas a la formación de una ciudadanía ambientalmente responsable y una sociedad peruana sostenible, competitiva, inclusiva y con identidad*”, condición necesaria para la promoción de la segregación, recolección selectiva y posterior reciclaje de los residuos sólidos, incluyendo los residuos de plástico.

Este contexto y bajo el marco de la **Ley N° 29332, Ley que crea el Plan de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal y sus modificatorias**, el MINAM y el MEF sumaron esfuerzos desde el 2011 para generar y desarrollar metas anuales relacionadas a la gestión de los residuos sólidos en el Programa de Incentivos de la Gestión Municipal, lo que ha permitido promover y fortalecer la implementación de programas de segregación en fuente, involucrando a los recicladores en la recolección selectiva de los residuos sólidos municipales.

13 MINAM. (2019). Exposición de motivos del Reglamento de la Ley No 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. Lima.

En 2019, la tercera meta del Programa de Incentivos de la Gestión Municipal establece la Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales que incluye como primera y segunda actividad: la valorización de residuos sólidos inorgánicos municipales; y, la valorización de residuos sólidos orgánicos municipales¹⁴.

En diciembre de 2017, la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos¹⁵ fue derogada por el **Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (LGIRS)** con la publicación y entrada en vigencia de su reglamento. El objeto de la LGIRS de contar con una nueva norma que permita asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección a la salud y el bienestar.

El artículo 2 de la LGIRS establece que la gestión integral de los residuos sólidos tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. Dicha norma establece que, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los mismos siempre que se garantice la protección de la salud y del ambiente. Adicionalmente, se señala que la disposición final de los residuos sólidos constituye la última alternativa de manejo y deberá realizarse en condiciones ambientalmente adecuadas.

Asimismo, la LGIRS incluye a la economía circular como un principio en la gestión de los residuos sólidos, en la búsqueda de modificar el actual modelo lineal de consumo, que busca que los productos y materiales obtengan el mayor tiempo posible en el ciclo de vida y que en la etapa de post consumo se produzca la menor cantidad de residuos y que su diseño facilite su valorización y retorno al sistema productivo.

El artículo 6 de la LGIRS, establece los lineamientos para la gestión integral de los residuos sólidos, los mismos que están orientados a:

- Estimular la reducción del uso intensivo de materiales durante la producción de los bienes y servicios.
- Fomentar la valorización de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.
- Establecer un sistema de responsabilidad compartida de manejo integral de los residuos para su posterior valorización.
- Desarrollar acciones de educación y sensibilización dirigida hacia la población en general y capacitación técnica para una gestión y manejo de los residuos sólidos eficiente, eficaz y sostenible, enfocada en la minimización y la valorización.
- Adoptar medidas de minimización de residuos sólidos en todo el ciclo de vida de los bienes y servicios, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y características de peligrosidad.

Los literales a) y g) del artículo 15 de la LGIRS establecen que el Ministerio del Ambiente es el rector a nivel nacional para la gestión y manejo de los residuos sólidos y es competente para coordinar, promover y concertar con las autoridades sectoriales, gobiernos regionales y gobiernos locales la debida aplicación de la LGIRS; así como normar sobre el manejo de residuos sólidos.

Por otro lado, la **Política Nacional de Competitividad y Productividad** aprobada por el MEF establece la promoción de la sostenibilidad ambiental en la operación de actividades económicas en el Noveno Objetivo Prioritario, e incluye entre sus lineamientos de política: la generación de condiciones para el tránsito hacia una economía circular y ecoeficiente; y, la generación de soluciones sostenibles y más limpias para el desarrollo productivo en sectores de alto impacto de la economía nacional.

Al respecto, el **Plan Nacional de Competitividad y Productividad** incluye como medidas de política la gestión integral de residuos sólidos (Medida de Política 9.2); y, la Economía circular y los Acuerdos de Producción Limpia en los sectores industria, pesca y agricultura (Medida de Política 9.3), las mismas que incluyen las siguientes metas:

14 MEF. (2019). Cuadro de actividades de la meta 3 del Programa de Incentivos de la Gestión Municipal.

15 Publicada el 21 de julio de 2000.

- 10 plantas de valorización: Lima (Provincias), Piura, Junín, Pasco, Puno, Apurímac, Ayacucho, Amazonas, Loreto y San Martín (Julio de 2020).
- 20 plantas de valorización en Lima (Provincias), Piura, Junín, Amazonas, Áncash, Apurímac, Huánuco, Puno, Ica, Lambayeque, Madre de Dios, San Martín y Tumbes (Julio de 2021).
- Análisis de la información del Censo Nacional de Recicladores (Julio de 2020).
- Estrategia de integración de los recicladores en la cadena de valor de reciclaje, y certificación de competencias otorgadas a los recicladores (Julio de 2021).
- Estrategia de educación y comunicación sobre consumo responsable, valorización y gestión integrada de los residuos sólidos (Julio de 2020).
- Estrategia implementada en 130 capitales de provincia a nivel nacional (Julio de 2025).
- Hoja de Ruta hacia una economía circular del sector industria (diciembre de 2019).
- Acuerdos de producción limpia suscritos en el sector industria (Julio de 2021).

Por otro lado, las normas legales que desarrollan disposiciones específicas a la economía circular del plástico y que poseen un alcance es nacional, son listadas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Normas legales específicas relacionadas a la economía circular del plástico

<ol style="list-style-type: none"> 1. Ley N° 30884, Ley que regula el Plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartable (2018). 2. Decreto Supremo N° 006-2019-MINAM, Reglamento de la Ley de Plásticos (2019). 3. Resolución de Superintendencia N° 150-2019-SUNAT, Establecen nuevos requisitos de los comprobantes de pago y los documentos vinculados a estos a efecto de la administración del impuesto al consumo de las bolsas de plástico (2019). 4. Resolución de Superintendencia N° 171-2019-SUNAT, Dictan disposiciones para la presentación de la declaración y pago del impuesto al consumo de las bolsas de plástico que deben realizar los agentes de percepción (2019). 5. Decreto Supremo N° 244-2019-EF, Aprueban el Reglamento del impuesto al consumo de las bolsas de plástico (2019). 6. Decreto Supremo N° 003-2020-PRODUCE, Aprueba la Hoja de Ruta hacia la Economía Circular en el Sector Industria. 7. Resolución Ministerial N° 046-2020-MINAM, Aprueban Lineamientos generales para identificar y promover los ecorenegocios y bionegocios

Fuente: Elaboración propia

El 19 de diciembre de 2018, se publicó la **Ley N° 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables** cuyo objeto es establecer el marco regulatorio sobre el plástico de un solo uso con la finalidad de contribuir en la concreción del derecho que tiene toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, reduciendo para ello el impacto adverso de los residuos de plástico en el ambiente y la salud humana.

El artículo 3 de la Ley de Plásticos incluye prohibiciones a las bolsas, los envoltorios de información impresa y los sorbetes de plástico de un solo uso, así como a los envases y contenedores para alimentos y bebidas de consumo humano de poliestireno expandido y de plástico no reciclable. Asimismo, el artículo 10 de la Ley de Plásticos establece, entre otros, que los fabricantes de botellas de PET para bebidas de consumo humano, aseo personal y otras similares, deben obligatoriamente incluir en la cadena productiva material PET reciclado postconsumo en al menos quince por ciento (15%) de su composición, cumpliendo con las normas de inocuidad alimentaria.

El **reglamento de la Ley de Plásticos** establece en el artículo 2 el ámbito de aplicación, donde precisa que la inclusión del material reciclado en las botellas tiene como alcance a las botellas de PET para bebidas de consumo humano, aseo y cuidado personal y a los insumos para la elaboración de botellas de PET para bebidas de consumo humano.

Asimismo, los artículos 25 y 26 del reglamento de la Ley de Plásticos incluyen, respectivamente, disposiciones sobre los sistemas de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos de los bienes de plástico; y, valorización de los residuos de los bienes de plástico:

“Artículo 25.- Sistemas de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos de los bienes de plástico

25.1 Los gobiernos locales, con la participación de los fabricantes, distribuidores y/o comercializadores, organizados de manera individual o colectiva, implementan sistemas de segregación en la fuente, recolección selectiva y reciclaje de los residuos de los bienes de plástico, en el marco de los Programas de Segregación en la Fuente y la Recolección Selectiva de los Residuos Sólidos, a fin de permitir la valorización de los mismos.

25.2 La segregación de los residuos de los bienes de plástico reutilizables y/o reciclables se realiza conjuntamente con los residuos inorgánicos. Los residuos de los bienes de plástico biodegradables se segregan conjuntamente con los residuos orgánicos.

25.3 La recolección de los residuos de los bienes de plástico debe ser selectiva y efectuada de acuerdo a las disposiciones emitidas por el gobierno local competente. Los recicladores y/o asociaciones de recicladores, debidamente formalizados, se integran al sistema de recolección selectiva implementado por los gobiernos locales, de conformidad con el Decreto Legislativo N° 1278.

25.4 La recolección selectiva de los residuos inorgánicos se realiza, como mínimo, los días miércoles, declarados como el “Día del Reciclaje del Plástico” en la Ley N° 30884.

Artículo 26.- De la valorización de los residuos de los bienes de plástico

26.1 La valorización de los residuos de los bienes de plástico reutilizables y reciclables se realiza prioritariamente a través del reciclaje. La valorización de los residuos de los bienes de plástico biodegradables se realiza prioritariamente a través del compostaje, de acuerdo a la normatividad aplicable.

26.2 El Ministerio del Ambiente y los gobiernos locales promueven el desarrollo de procedimientos e infraestructura para la valorización de los residuos de los bienes de plástico, así como regímenes especiales de los residuos de bienes priorizados, en coordinación con los actores de la cadena de valor.

26.3 Los decretos supremos que se emitan, en el marco de la Sexta Disposición Complementaria Final de la Ley N° 30884, incluyen las formas de valorización de los residuos de los bienes de plástico que regulen.” (énfasis agregado).

La adecuada aplicación de la Ley de Plásticos y su reglamento requiere de la aprobación de dispositivos normativos adicionales, como fue el caso de las normas relacionadas al impuesto al consumo de las bolsas de plástico. En esa misma línea, el MINAM se encuentra elaborando las siguientes tres normas que complementan la Ley de Plásticos: (1) Lineamientos para el desarrollo de acciones de comunicación, educación, capacitación y sensibilización sobre el consumo responsable y la producción sostenible de los bienes de plástico y la gestión integral de sus residuos (prepublicado mediante la Resolución Ministerial N° 389-2019-MINAM), (2) la creación de Comisión Técnica a la que hace referencia la octava Disposición Complementaria Final de la Ley de Plásticos (en proceso de elaboración), y (3) Proyecto del Reglamento Técnico de Bolsas de Plástico Biodegradables

Respecto a los **reglamentos técnicos**¹⁶, el MINAM ha identificado que se requiere la elaboración de aproximadamente 5 reglamentos técnicos adicionales para atender las necesidades de normalización de la Ley de Plásticos y su reglamento.

2.1.2. Compromisos internacionales

En el año 2014, Perú inició el **Programa País de la OCDE**¹⁷ con el objeto de ser miembro de esta reconocida institución. Al respecto, es importante señalar que la OCDE ha elaborado lineamientos sobre la gestión integral del plástico y el plástico sostenible, los cuales deben ser considerados por los países miembros en la elaboración de sus políticas.

Los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, plantean metas que el Perú se ha comprometido a cumplir hasta el año 2030, entre las cuales la meta 14.1 del ODS N° 14, es *“prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la polución por nutrientes”*. Al respecto, es importante que el 80% de la basura marina tiene origen terrestre.

En la XXI Reunión del **Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe**, realizada en octubre 2018, Perú suscribió la **Declaración de Buenos Aires** donde se alienta el desarrollo y la adopción en la región de políticas y estrategias para la gestión integral de los plásticos a lo largo de su ciclo de vida a fin de prevenir y reducir la basura marina, incluyendo la promoción de mecanismos para restringir los plásticos de un solo uso y los microplásticos, gestionar adecuadamente y minimizar los residuos plásticos, promoviendo mayor responsabilidad social corporativa e innovación en el sector privado, así como fortalecer el monitoreo y la remediación de los cuerpos de agua.

En enero de 2019, Perú suscribió el **Acuerdo Global de la Nueva Economía Circular del Plástico promovido por la Fundación Ellen MacArthur** (*The New Plastics Economy Global Commitment*), que tiene como objeto crear una nueva regulación para los envases de plástico al 2025, que incluye, entre otras, medidas para el reciclaje del plástico. En el que Perú se compromete a publicar datos anuales sobre su progreso para ayudar a impulsar la iniciativa y garantizar la transparencia de la información del consumo y la producción del plástico.

En marzo de 2019, Perú participó en la Cuarta Sesión de la Asamblea para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEA 4) donde, entre otros, se llegó a acuerdos para reducir el uso de los envases y embalajes de plástico de un solo uso para el 2030. En la UNEA 4 se analizaron las recomendaciones del **Grupo especial de expertos de composición abierta sobre Basura Marina y Microplásticos** conformado mediante la **Resolución 3/7 del tercer periodo de sesiones de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente**, donde se examina los obstáculos y opciones existentes en la lucha contra la problemática del plástico, así como se identifica la necesidad de establecer una **estructura de gobernanza** para dar respuesta a la referida problemática.

16 Dispositivos que establecen requisitos técnicos y de etiquetado. En el marco de la Ley de Plásticos, los reglamentos técnicos deben ser elaborados y aprobados en sujeción del artículo 5 de la Ley de Plásticos y la primera disposición complementaria final del Reglamento de la referida Ley.

17 Disponible en: <http://www.oecd.org/countries/peru/lanzamiento-del-programa-pais-de-la-ocde-con-peru.htm>

En mayo de 2019, durante de **XIV Asamblea del Convenio de Basilea**, los países miembros resolvieron incorporar los residuos plásticos al Convenio de Basilea, que regula los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Así, los envíos de residuos mezclados o plásticos no peligrosos que no están en buenas condiciones o “limpios” para el reciclaje se agregarán a la lista de sustancias que requieren el consentimiento previo de los importadores. Esta medida se adoptó en el marco de la prohibición por parte de China de importar plásticos mezclados des enero de 2018, que ha generado una crisis ambiental en países de la región asiática con infraestructura inadecuada para recibir estos volúmenes de residuos.

En julio de 2019, bajo el impulso de Perú como presidencia pro tempore de la Alianza del Pacífico, nuestro país suscribió la **Declaración Presidencial de la Alianza del Pacífico sobre la Gestión Sostenible de los Plásticos**, la misma que incluye, entre otros, compromisos relacionados al reciclaje del plástico y a la promoción de la economía circular.

Asimismo, en 2019, Perú se adhirió al **Ocean Plastic Chapter**¹⁸, en la que nuestro país se compromete a un enfoque de ciclo de vida más eficiente en el uso de los recursos para la administración de plásticos en tierra y mar. Cabe señalar que, el 9 de junio de 2018, Canadá, Francia, Alemania, Italia, el Reino Unido y la Unión Europea adoptaron la **Ocean Plastic Chapter** para demostrar su compromiso de tomar medidas concretas y ambiciosas para abordar el problema.

Cuadro 3. Compromisos internacionales relacionados a la economía circular del plástico

1. Proceso de adhesión a la OCDE (2014).
2. Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015).
3. Declaración de Buenos Aires de la XXI Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe (2018).
4. Acuerdo Global de la Nueva Economía Circular del Plástico promovido por la Fundación Ellen MacArthur (2019).
5. Resolución de la Cuarta Sesión de la Asamblea para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (2019).
6. Enmienda sobre residuos de plástico de la Decimocuarta Asamblea del Convenio de Basilea (2019).
7. Declaración Presidencial de la Alianza del Pacífico sobre la Gestión Sostenible de los Plásticos (2019).
8. *Ocean Plastic Chapter* (2019).

Fuente: Elaboración propia

2.2 Procesos del mercado nacional del plástico

Sobre la base de la información secundaria y la entrevista a expertos y actores relevantes de la industria del plástico se elaboró un diagrama del flujo de los procesos y las interrelaciones que es mostrado en la Figura 2. En la referida figura se puede observar los procesos que se realizan dentro y fuera del país, así como las fuentes y destinos de acumulación de los residuos de plástico.

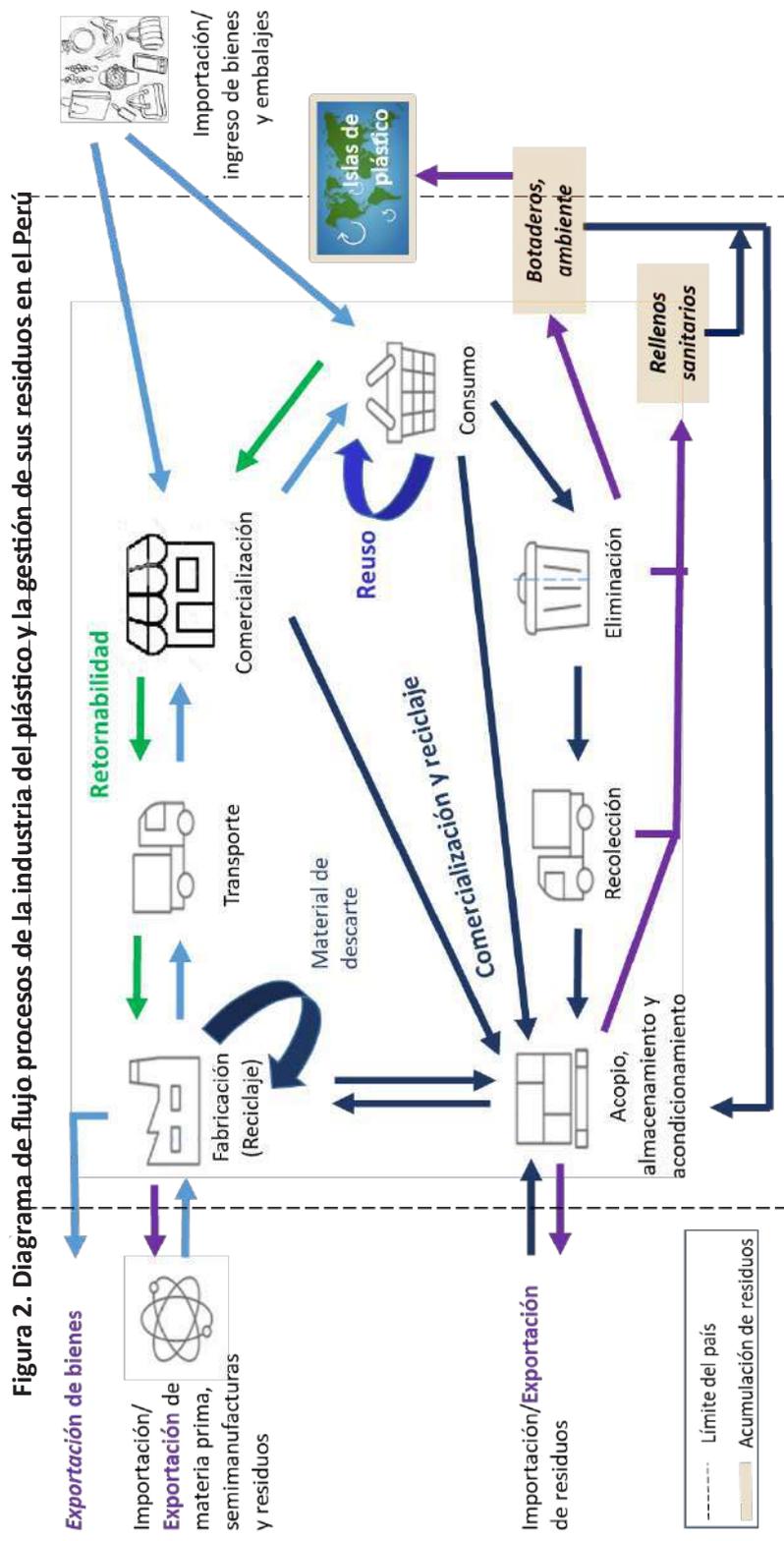
El Perú no posee industria petroquímica, es decir no tiene producción nacional de resinas de plástico; por ello el 100% de la resina virgen y aditivos es importada. En nuestro país se realiza la transformación de los polímeros a productos manufacturados y semimanufacturados, así como la comercialización de estos productos.

En general, la cantidad de plástico que ingresa al país es mayor que la cantidad que sale del mismo, por lo que existe una acumulación de plástico en el territorio. La acumulación de plástico incluye el uso y/o almacenamiento de bienes constituidos por plástico por un periodo relativamente largo (ejemplo, menaje, maletas, etc.), y la gestión de residuos de plástico mediante reciclaje, disposición final o vertimiento directo en el ambiente. Por otro lado, las entradas y salidas del plástico en el país son principalmente por los procesos de importación y exportación, estos procesos se detallan a continuación:

18 Disponible en: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/international-commitments/ocean-plastics-charter.html>

- Importación/exportación de materia prima y semimanufacturas (productos intermedios), en la forma de pellets, láminas, preformas o residuos para su manufactura en el país.
- Importación/exportación de bienes constituidos totalmente por plástico que también conocidos como “Bienes de plástico”; por ejemplo, bolsas de plástico, preformas, contenedores para alimentos, etc. Estos bienes pueden ser importados por personas naturales o jurídicas, en pequeñas o grandes cantidades.
- Importación/exportación de bienes constituidos parcialmente por plástico o cuyo embalaje es de plástico; pero que no son identificados como “Bienes de plástico”. Por ejemplo, aparatos eléctricos y electrónicos, botellas de aceite, ropa, frutas en jaba de plástico, etc. Estos bienes pueden ser importados por personas naturales o jurídicas, en pequeñas o grandes cantidades.
- Importación/exportación de residuos de plásticos. Se ha identificado que el sector industrial también importa residuos bajo la denominación de productos intermedios o semimanufacturas cuando el residuo ha pasado por un proceso que le agrega valor, como por ejemplo la reducción de partícula.
- Traslado de residuos de plástico a través de los cuerpos de agua, ya sea por las corrientes marinas que traen residuos de aguas internacionales o por las corrientes de los ríos que compartimos con otros países.
- Traslado de bienes y residuos de plástico por la población flotante, ya sea por turismo, trabajo u otras causas de migración al país.

Los procesos que ocurren al interior del país son: (1) fabricación, (2) transporte, (3) comercialización (al por mayor y al por menor de bienes y residuos), (4) uso y consumo, (5) eliminación, (6) recolección, acopio, almacenamiento y acondicionamiento de residuos en centros de acopio, (7) reciclaje por la industria, (8) disposición final de residuos sólidos y (9) vertimiento directo en el ambiente (botadero, cuerpos de agua, etc.).



Fuente: Elaboración propia

En los procesos internos se identificaron procesos que permiten mantener el valor de los productos en el mercado durante un mayor tiempo. Estos procesos son la reutilización, la retornabilidad y el reciclaje (antes y después del consumo), en el segundo caso principalmente para el mercado del PET. Asimismo, se observa organizaciones que han introducido el ecodiseño y la logística inversa en su operación para fortalecer el atributo de sostenibilidad del producto que ofertan en el mercado, en algunos casos bajo el marco de los Acuerdos de Producción Más Limpia¹⁹. Sin embargo, estas acciones no están articuladas ni obedecen a un rediseño del mercado del plástico en el país con un enfoque integral de economía circular.

Es pertinente señalar que la LGIRS y la ley de Plásticos y sus respectivos reglamentos, establecen las condiciones para la valorización del plástico biodegradables mediante compostaje. Sin embargo, el proceso de compostaje no ha sido considerado en el diagrama de procesos mostrado en la Figura 2 porque no se ha identificado infraestructura autorizada por el MINAM para valorización de residuos de plástico biodegradable. Asimismo, si bien el país cuenta con normas técnicas peruanas sobre biodegradabilidad y compostaje en plástico (NTP 900:080 y NTP 17088), aún no se ha aprobado el reglamento técnico que establece los requisitos técnicos y de etiquetado para bienes biodegradables que será de obligatorio cumplimiento.

Asimismo, en la Figura 2 se puede observar que los residuos generados en el mercado del plástico confluyen en los CA para su almacenamiento, acondicionamiento y posterior comercialización. Por ello, en el apartado 2.3 se analizarán las características de los CA a partir de los resultados de las encuestas aplicadas durante la investigación.

Los actores que participan en estos procesos pueden provenir del sector formal e informal; asimismo, se ha identificado que una parte de los residuos plásticos de procedencia informal es manejada por actores formales, “formalizando” así su procedencia.

2.3. Características y nivel de informalidad de los centros de acopio

Este apartado se desarrolla a partir de los resultados de las encuestas aplicadas a los centros de acopio de Lima Metropolitana para el Proyecto. Las encuestas se aplicaron a 58 CA en Lima Metropolitana y Callao de los 292 CA identificados para el mismo ámbito geográfico por MINAM, NEFCO & *Nordic Council of Ministers* en el estudio realizado en 2018²⁰. Los CA encuestados se ubicaron en Cercado de Lima (14), Ate-Vitarte (7), Comas (7), El Agustino (7), Carabayllo (4), Puente Piedra (4), Villa El Salvador (4), San Martín de Porres (3), Los Olivos (2), San Juan de Miraflores (2), Villa María del Triunfo (2) y Zapallal (2).

¹⁹ Artículo 12 del Reglamento de la LGIRS.

“Los Acuerdos de Producción Limpia son instrumentos de promoción que tienen como objetivo introducir en las actividades productivas un conjunto de acciones que trasciendan el cumplimiento de la legislación vigente, de modo que se mejore las condiciones en las cuales el titular realiza sus actividades, a fin de lograr la prevención o minimización de la generación de los residuos sólidos.

Los titulares de las actividades productivas, extractivas y de servicios pueden suscribir voluntariamente Acuerdos de Producción Limpia en materia de residuos sólidos con el MINAM y/o la autoridad competente, de corresponder. Dicho acuerdo no sustituye las obligaciones que establece la normatividad ambiental.

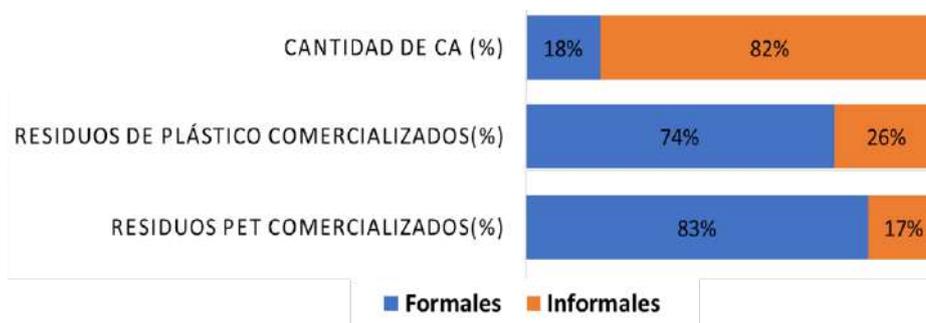
Las autoridades sectoriales promueven el otorgamiento de incentivos para los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios que suscriban estos acuerdos; sin perjuicio de las competencias de las entidades de fiscalización ambiental en la materia.”

El OEFA, en el marco de la normativa vigente y conforme a sus competencias, puede otorgar incentivos por el cumplimiento de los Acuerdos de Producción Limpia.”

²⁰ MINAM, NEFCO & *Nordic Council of Ministers*. (2018). Evaluación del potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) producto del aprovechamiento de residuos sólidos de plástico, vidrio, papel y cartón. Producto 1: Diagnóstico del ciclo de residuos aprovechables de plástico, vidrio, papel y cartón por departamentos. Pág. 57. Perú: Ministerio del Ambiente. Recopilado el 25 de enero de 2020 desde: <https://drive.google.com/drive/folders/1DPa3DXIR3pdkslfnVxtiDjvso7hIZFDD>

El nivel de formalidad será analizado en cada característica de los CA que se describe a continuación, en ese sentido es necesario definirlo. Para efectos del Proyecto, la formalidad se identifica cuando el CA posee alguno de los siguientes elementos: (1) Registro de Empresa Operadora de Residuos Sólidos, o (2) Registro Único de Contribuyente (RUC). Si bien de acuerdo a los requisitos de la normatividad ambiental, los CA necesariamente deben ser operados por una Municipalidad o una EORS; se incluyó al RUC como un indicador de formalidad porque permite realizar gestiones tributarias y tienen un rol importante en la incorporación de residuos de procedencia no formal por el mercado formal de residuos.

Figura 3. Cantidad de CA y residuos comercializados por nivel de formalidad.



Fuente: Elaboración propia

Al respecto, se identificó que el 82% de los CA dentro del ámbito del Proyecto son informales, en tanto que el 74% de los residuos de plástico y el 83% de los residuos de PET son comercializados por los CA formales (ver Figura 3). Es decir, si bien los CA formales representan un menor porcentaje en número, comercializan la mayor cantidad de residuos en comparación a los CA informales. Asimismo, en la Tabla 1 se muestran las principales características de los CA por nivel de formalidad.

Es pertinente señalar, que la proporción de CA informales guarda relación con los valores obtenidos por el estudio de MINAM, NEFCO & *Nordic Council of Ministers* (2018a)²¹, el mismo que señala que los CA informales representan el mayor porcentaje con un 83% frente al 17% de los formales en Lima y Callao, en tanto que en los departamentos priorizados identificó que los CA informales que representan el 82% del total de locales identificados a nivel nacional, y 18% de centros de acopios formales.

Tabla 1. Principales características de los CA por nivel de formalidad.

	CA general			CA formales			CA informales		
	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín
Tiempo operación (años)	5.0	40.0	0.1	11.1	40.0	1.5	6.2	30.0	0.1
Área (m2)	200.0	3500.0	20.0	500.0	3500.0	60.0	160.0	280.0	100.0
N° trabajadores	3.0	57.0	1.0	4.5	57.0	1.0	3.0	20.0	1.0
Horas de trabajo al día	10.0	24.0	8.0	10.0	11.0	9.0	10.0	24.0	8.0
Horas de trabajo (h/mes)	248.4	4788.0	0.4	700.8	4788.0	51.0	216.0	4320.0	0.4
Residuos de plástico (t plástico/ mes)	2.7	385.0	0.2	22.5	385.0	1.5	2.0	65.0	0.2
Residuos de PET (t plástico PET/ mes)	1.0	250.0	0.0	2.5	250.0	0.0	0.6	12.0	0.0
Equipos (unidad)	1.0	26.0	1.0	3.0	26.0	1.0	1.0	5.0	1.0
% Plástico respecto total de residuos	40.0%		0.2%	30.0%		11.5%	40.0%		0.2%
% PET respecto total de residuos	10.8%	56.3%	0.0%	8.3%	42.7%	0.0%	11.5%	56.3%	0.0%

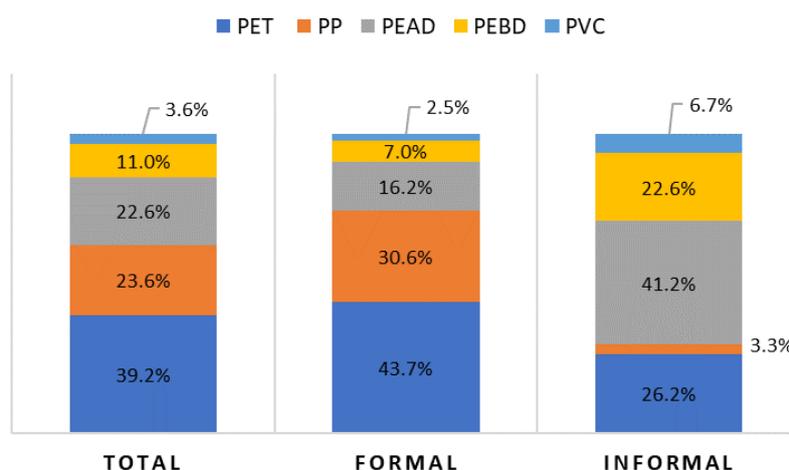
Fuente: Elaboración propia

21 Página 57 y 60 del Estudio realizado por MINAM, NEFCO & Nordic Council of Ministers (2018a).

a) Composición de los residuos de plástico comercializados

La Figura 4 muestra la composición de los residuos de plástico por tipo de polímero comercializado por los CA. La composición del total de los CA y de los CA formales es similar, los residuos que se comercializan en mayor proporción son los residuos de PET, seguidos de los residuos de PP y PEAD, estos en conjunto representan el 80% de los residuos comercializados por este tipo de CA. Por otro lado, la composición de los residuos de plástico de los CA informales está compuesta principalmente por PET, PEAD y PEBD, donde el PEAD es el que presenta el mayor porcentaje. Ante estos resultados, se podría inferir que los CA informales se estarían concentrando en la comercialización de residuos de PEAD y PEBD, que representan el 64% de los residuos de este tipo de CA.

Figura 4. Composición de los residuos por tipo de polímero comercializado por CA por nivel de formalidad

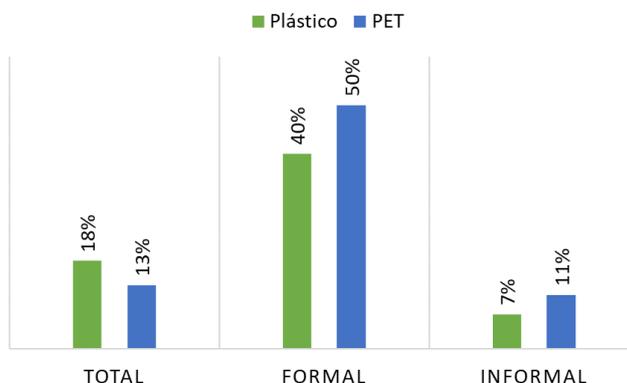


Fuente: Elaboración propia

b) Acondicionamiento de los residuos

Se identificó que los CA realizan las siguientes operaciones de acondicionamiento: lavado, picado, prensado, peletizado, clasificación por colores y ensacado. El 18% del total de los CA realiza al menos una operación de acondicionamiento a los residuos previa su comercialización, este valor es 40% para los CA formales y 7% para los CA informales (ver Figura 5). En general, los CA realizan mayor cantidad de operaciones de acondicionamiento a los residuos de PET en comparación a los residuos de los otros polímeros.

Figura 5. Acondicionamiento de los residuos de plástico por CA por nivel de formalidad

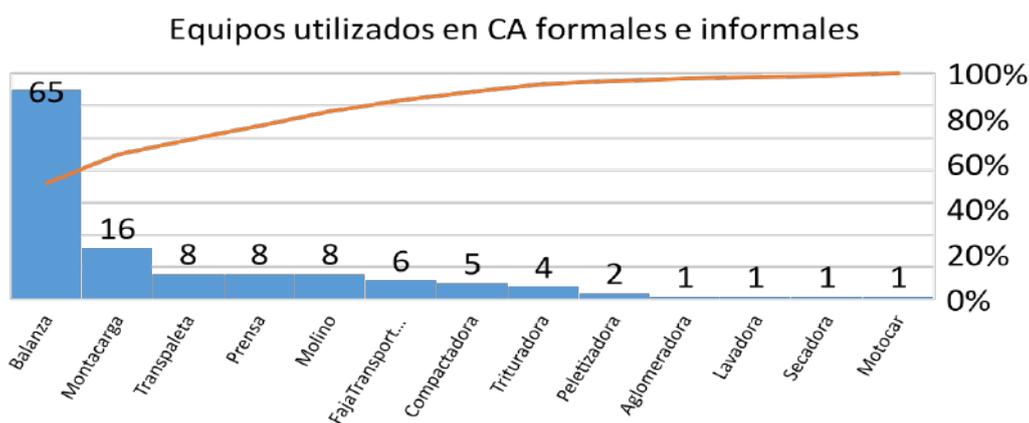


Fuente: Elaboración propia

c) Equipos

Se identificó que los CA utilizan los siguientes equipos: balanza, montacarga, transpaleta, prensa, molino, faja transportadora, compactadora, trituradora, peletizadora, aglomeradora, lavadora, secadora y motocar. Los cinco primeros equipos listados representan el 80% del total de los equipos presentes en los CA (ver Figura 6) y al menos una balanza está presente en los mismos. En el caso de los CA informales, estos cuentan principalmente con balanzas, aunque también se han identificado casos puntuales de presencia de prensas, peletizadoras, molinos, montacargas, fajas transportadoras, aglomeradoras y motocar.

Figura 6. Equipos utilizados por los CA por nivel de formalidad



Fuente: Elaboración propia

d) Variación de precios

La Tabla 2 muestra los valores de los precios mínimos y máximos de los residuos de plástico comercializados por los centros de acopio, los cuales de acuerdo a la oferta (generación de residuos) se presentan en las estaciones de verano e invierno, respectivamente. De acuerdo a la mediana, el precio de los residuos es mayor en invierno que en verano; exceptuando el caso de los residuos de PVC. Este es un comportamiento esperado porque el PVC es un polímero que no suele constituir envases y embalajes.

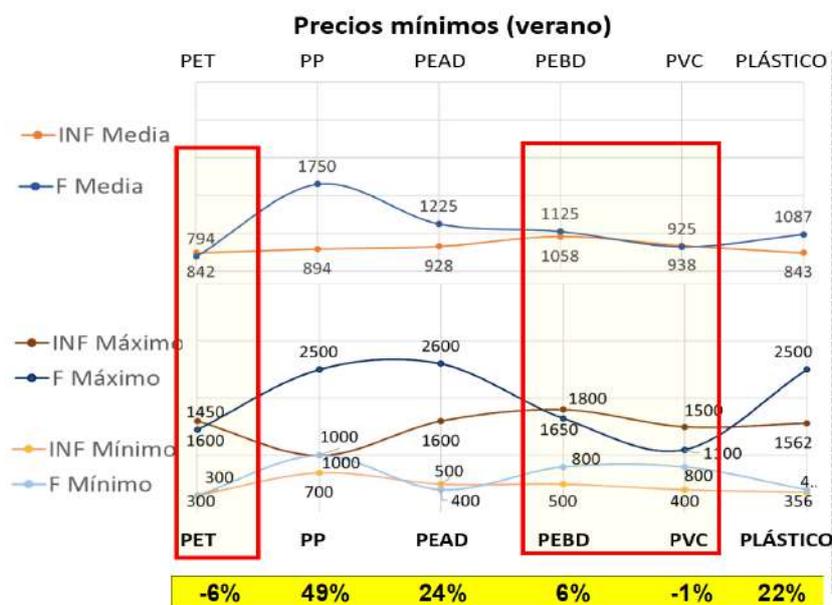
Tabla 2. Precios mínimos y máximos de los residuos de plástico en los CA

	Precio mínimo del residuo			Precio máximo del residuo			
	Mediana	Máximo	Mínimo	Mediana	Máximo	Mínimo	
PET	800	1600	300	PET	1200	2700	1000
PP	1000	2500	700	PP	1200	2800	900
PEAD	1000	2600	400	PEAD	1200	3000	800
PEBD	1000	1800	500	PEBD	1400	4000	500
PVC	1000	1500	400	PVC	1000	2000	600
Plástico	880	2500	356	Plástico	1230	4000	533

Fuente: Elaboración propia

Respecto al nivel de formalidad, como se puede observar en la Figura 7 y Figura 8, los precios de los CA formales suelen ser mayores que los precios de los CA informales, excepto para el caso de los residuos de PEBD y PVC tanto en precios máximos como mínimos, y el PET en los precios mínimos.

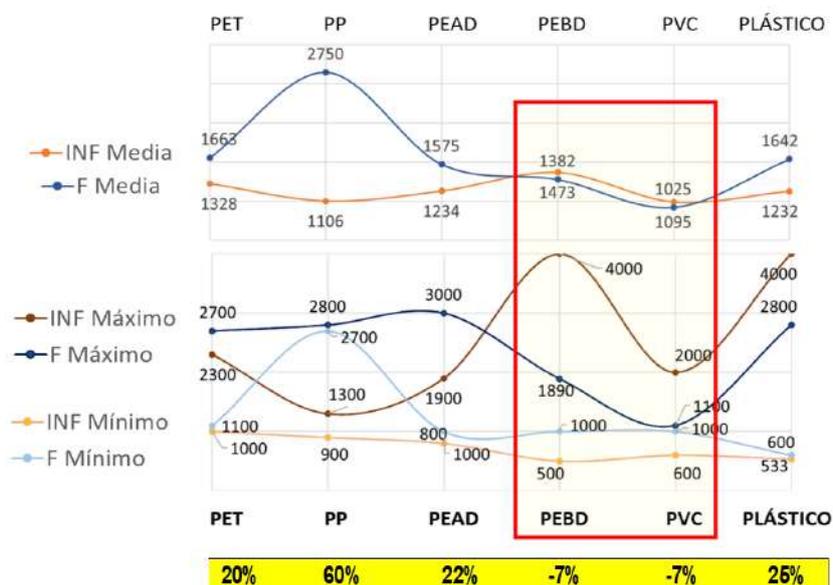
Figura 7. Variación de los precios mínimos (verano) de los residuos de plástico en CA por nivel de informalidad



Nota: INF Media: Valor de la mediana de los precios mínimos de los CA informales; F Media: Valor de la mediana de los precios mínimos de los CA formales; INF Máximo: Valor máximo de los precios mínimos de los CA informales, F Máximo: Valor máximo de los precios mínimos de los CA formales; INF Mínimo: Valor mínimo de los precios mínimos de los CA informales, F Mínimo: Valor mínimo de los precios mínimos de los CA formales.

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Variación de los precios máximos (invierno) de los residuos de plástico en CA por nivel de informalidad



Nota: INF Media: Valor de la mediana de los precios máximos de los CA informales; F Media: Valor de la mediana de los precios máximos de los CA formales; INF Máximo: Valor máximo de los precios máximos de los CA informales, F Máximo: Valor máximo de los precios máximos de los CA formales; INF Mínimo: Valor mínimo de los precios máximos de los CA informales, F Mínimo: Valor mínimo de los precios máximos de los CA formales.

Fuente: Elaboración propia

e) **Proveedores y compradores**

Los proveedores son aquellos actores que venden residuos de plástico a los CA, en tanto que los compradores son los actores que les compran residuos de plástico. Al respecto, la Figura 9 muestra la distribución de los tipos de proveedores de los CA. Esta distribución ha sido determinada a partir de la masa de residuos de plástico que provee/compra el actor respecto al total de la masa comercializada en la venta/compra.

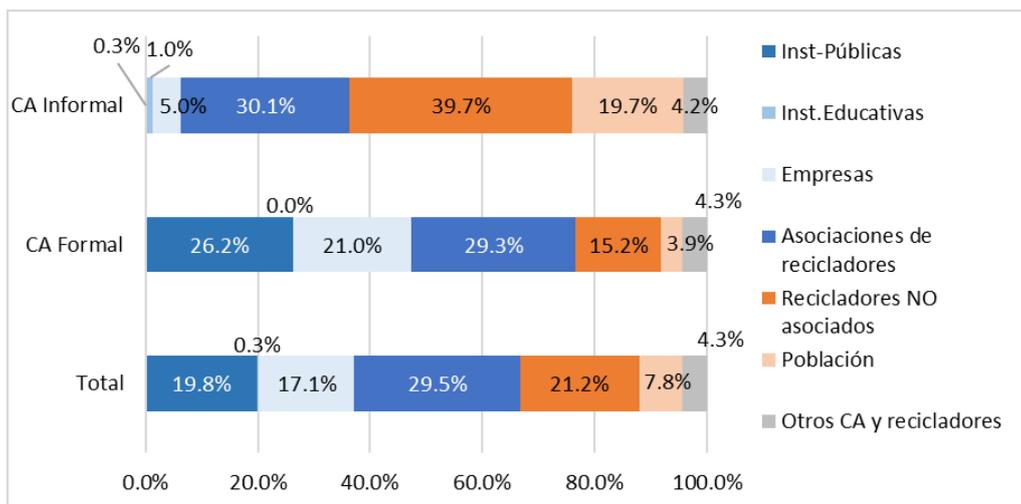
Figura 9. Distribución de los tipos de proveedores y compradores de los CA según la cantidad de residuos (t) comercializada.



Fuente: Elaboración propia

Por un lado, se identificaron los siguientes proveedores formales: Asociaciones de recicladores (29.5%), instituciones públicas (19.8%), empresas (17.1%), instituciones educativas (0.3%). Por otro lado, se identificaron los siguientes proveedores informales: recicladores no asociados (21.2%), población (7.8%). Asimismo, se identificó a otros CA (4.3%) como proveedor; sin embargo, no es posible definir su nivel de formalidad porque no fue precisado por los encuestados. En ese sentido, el 66.7% de los residuos es vendido a los CA por proveedores formales, el 29% por proveedores informales y el 4.3% no se precisa. Es pertinente señalar que, en concordancia con estudios previos, el 50.7% de los residuos de plástico es vendido a los CA por los recicladores asociados y no asociados.

Figura 10. Distribución de proveedores de los CA formales e informales según la cantidad de residuos de plástico (t) comercializada.

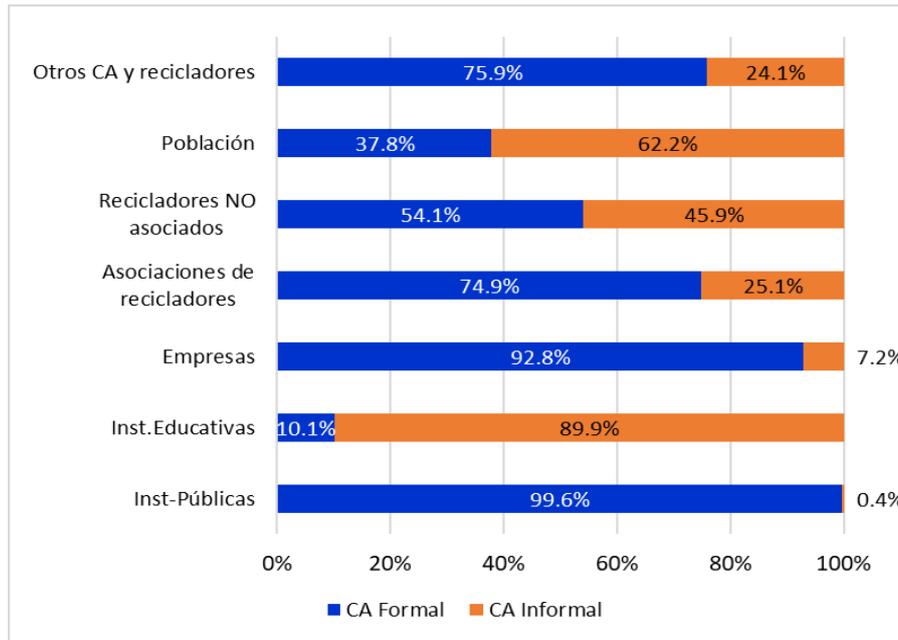


Fuente: Elaboración propia

Los residuos son recursos



Figura 11. Cantidad de residuos de plástico (t) vendido a los CA formales e informales por tipo de proveedor

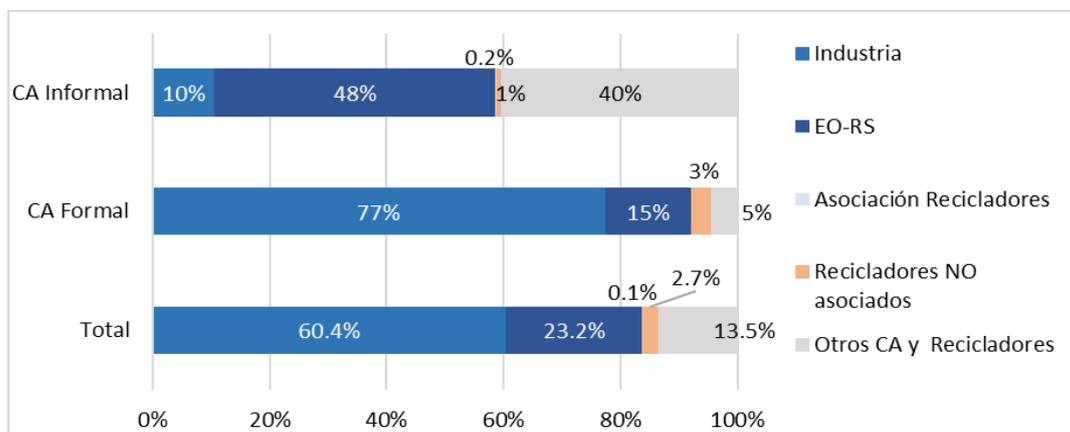


Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, respecto a los compradores a los CA, se identificó a la industria (60.4%), las EO-RS (23.2%) y las asociaciones de recicladores (0.1%) como compradores formales; a los recicladores no asociados (2.7%) como los compradores informales; y a otros CA y recicladores (13.5%) como compradores de los cuales no es posible definir su nivel de formalidad porque no fue precisado por el encuestado. En ese sentido, el 83.7% de los residuos es adquirido por compradores formales, el 2.7% por compradores informales y el 13.5% no se precisa.

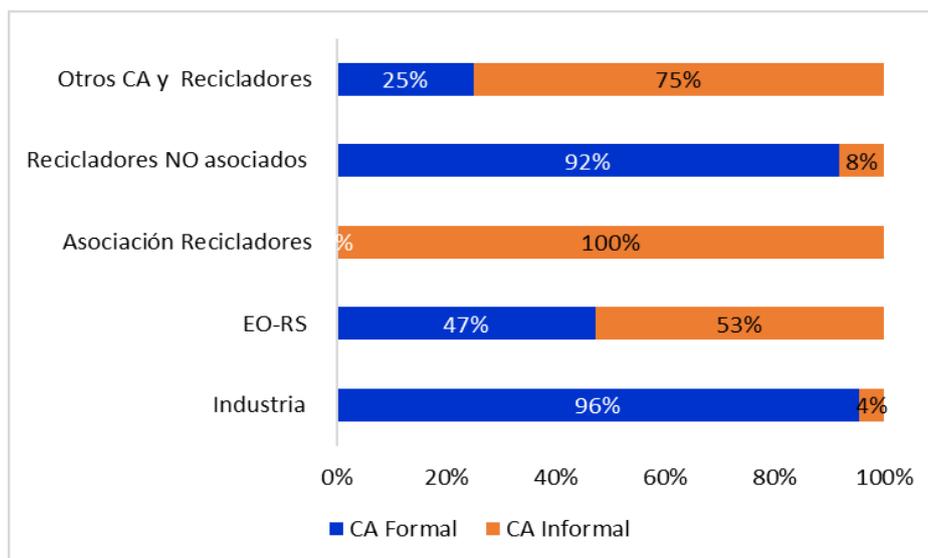
La Figura 12 muestra la distribución del tipo de comprador de CA formales e informales según la cantidad de residuos de plástico (t) que vende al CA. Se observa que otros CA y recicladores (40%), y las EO-RS (48%) son los compradores que adquieren la mayor cantidad de residuos a los CA informales. En tanto que, la industria (77%) y las EO-RS (15%) son los proveedores que venden la mayor cantidad de residuos a los CA formales. Asimismo, en la Figura 13 se observa cantidad de residuos de plástico (t) vendido por los CA formales e informales a cada tipo de comprador.

Figura 12. Distribución de compradores a los CA formales e informales según la cantidad de residuos de plástico (t) comercializada



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Cantidad de residuos de plástico (t) vendido por a CA formales e informales por tipo de proveedor



Fuente: Elaboración propia

Durante la compra el 66.7% de residuos son de procedencia formal, en tanto que en la venta la cantidad de residuos vendidos a actores formales se incrementa al 83.7%. Es decir, un 17% de los residuos de procedencia informal es vendido a compradores que lo introducen a una cadena de valor formal. Este valor podría incrementarse al 30.5% si asumimos que todos los residuos adquiridos por los compradores “Otros CA y recicladores”, inicialmente clasificados como “no se precisa”, son de procedencia informal.

f) Cadena de comercialización

Ante lo descrito en los apartados anteriores, y en concordancia con el estudio de MINAM, NEFCO y *Nordic Council of Ministers* (2018), se identificaron los actores de la cadena de valor mostrada en la Figura 14. Es importante llamar la atención sobre el hecho de que el 51% del total de CA que comercializan residuos de PET hicieron mención a intermediarios como compradores de residuos. Así, el 58% de CA informales y 20% de CA formales, mencionaron a los intermediarios como compradores

Dada la presencia de intermediarios y la dinámica del mercado de residuos de PET, se analizó la segmentación de los CA en función a los precios ponderados de los residuos de PET comercializados, obteniéndose como resultado la información mostrada en la Figura 15. Al respecto, se llama la atención sobre la diferencia entre los precios mínimos y máximos de venta y los años de operación de los CA, especialmente para el caso de las EO-RS.

Figura 14. Cadena de comercialización de los residuos de plástico



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Segmentación de los CA en función a los precios de los residuos de PET comercializados



Fuente: Elaboración propia

2.4. Análisis del Flujo de Materiales del Plástico

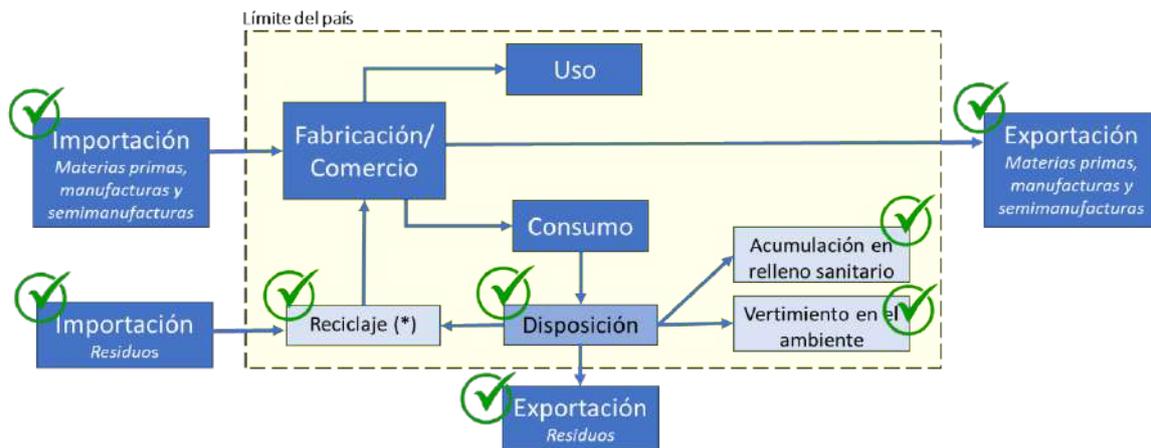
El alcance espacial considerado para la elaboración del MAFM de plástico fue el territorio nacional debido a que los residuos de plástico para reciclaje o exportación se dirigen principalmente a Lima porque en la capital se concentra la mayor demanda de plástico, exceptuando una pequeña fracción que se dirige a Bolivia desde Puno, a Arica-Chile desde Tacna y Huaquillas-Ecuador desde Tumbes.

Los MAFM, mostrados en el apartado 2.4.3, se realizaron para el mercado del plástico en general y del PET en específico. Para ello, en el apartado 2.4.1 se identificó el flujo de procesos del mercado del plástico utilizado para el MAFM. Luego, en el apartado 2.4.2 se determinaron los valores de las interacciones entre los procesos, a partir de información primaria, secundaria y el balance de materia para los procesos en los que no se cuenta con información previa.

2.4.1 Flujos de procesos utilizados en el MAFM

La determinación de los valores de las interacciones entre los procesos de la **Figura 2** requiere la disposición de información extensa y precisa, la cual no está disponible. Por lo cual, se utilizó diagramas de flujo de procesos simplificados para la elaboración de los MAFM del plástico y del PET, los mismos que son mostrados en la Figura 16 y la Figura 17, respectivamente.

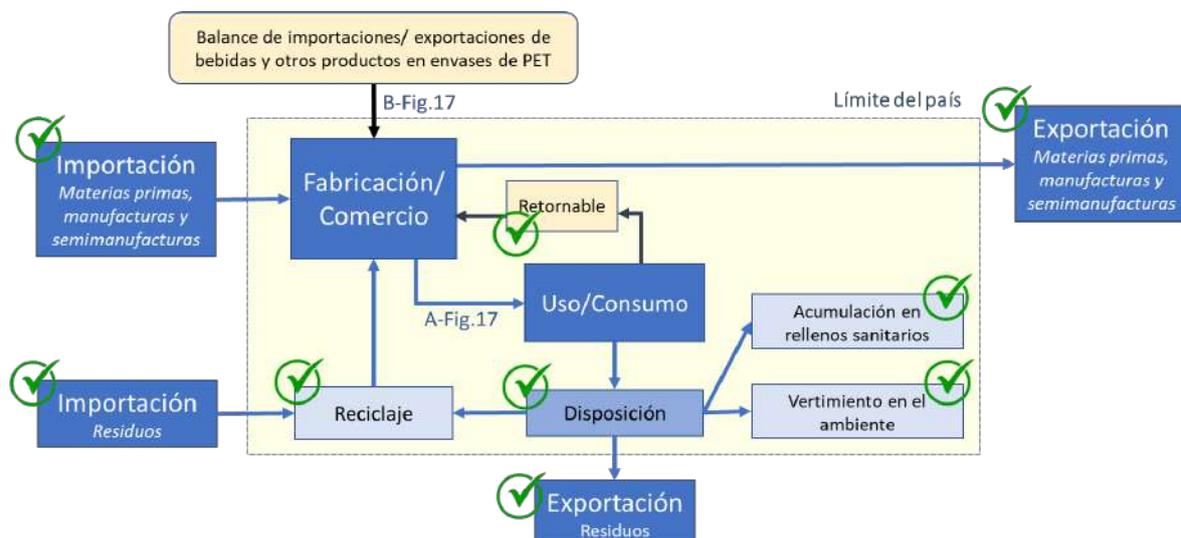
Figura 16. Diagrama de flujo de procesos simplificado del mercado de plástico en el Perú



Fuente: Elaboración propia.

El flujo de procesos utilizado en el balance de materia para el mercado del PET, difiere del mercado de plásticos en lo siguiente: (1) el uso y consumo se integran en un solo proceso porque el PET suele ser utilizado en la manufactura de envases y embalajes o productos de corta duración, (2) se identifica el proceso de retornabilidad para las botellas que contienen bebidas gaseosas, y (3) se incorpora el proceso de entrada de alimentos, bebidas y otros productos importados contenidos en embalajes de PET (como aceites, bebida, colonias, cosméticos, etc.) para poder realizar el balance de entradas y salidas debido a que, según los resultados obtenidos en la investigación, su aporte en la generación de residuos de PET es significativo.

Figura 17. Diagrama de flujo de procesos simplificado del mercado del PET en el Perú



Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 Determinación de valores de las interacciones entre los procesos

Durante la revisión de información secundaria se identificó la disponibilidad de información sobre los procesos de importación, exportación y disposición, incluyendo este último el reciclaje, disposición en rellenos sanitarios y vertimiento en el ambiente.

En el MAFM del plástico PET, adicionalmente, se contó con información de la masa de plástico PET de las botellas retornables que se encuentran en el mercado nacional e información de la fabricación de botellas, preformas, envases para alimentos y bebidas y semimanufacturas proporcionadas por las empresas San Miguel Industrias y PAMOLSA.

Si bien se contó con información secundaria sobre los residuos de plástico reciclados, de PET y de todos los polímeros; en la elaboración de los MAFM se utilizó los valores obtenidos en la encuesta, donde se estimó los valores totales a partir de la proyección del resultado obtenido para la muestra.

Finalmente, se realizó balances de materia para obtener los valores de los procesos con los que no se contaba información. Para ello, sobre la base de la Ley de conservación de masa, se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Masa de entradas (miles de t)} = \text{Masa que se acumula en el sistema (miles de t)} + \text{Masa de salidas (miles de t)}$$

Al respecto, en las Figura 16 y Figura 17, se muestran los flujos de procesos utilizados en los balances de materia para el mercado nacional del plástico en general y del PET en específico, respectivamente. En ellas, se resalta con un *check* verde los procesos e interacciones que cuentan con información disponible.

Respecto al plástico, se realizaron los siguientes balances de materia para determinar los valores de los procesos faltantes:

- Consumo (A-Fig.16) = Disposición
- Reciclaje residuos de origen nacional = Reciclaje - Reciclaje de residuos importados
- Uso (B-Fig.16) = Importación de materia prima, manufacturas y semimanufacturas + Reciclaje + Exportación de materia prima, manufacturas y semimanufacturas - Consumo (A-Fig.16)
- Fabricación/Comercio = Importación de materia prima, manufacturas y semimanufacturas + Reciclaje

Respecto al PET, se realizaron los siguientes balances de materia para determinar los valores de los procesos faltantes:

- Reciclaje residuos de origen nacional = Reciclaje - Reciclaje de residuos importados
- Uso/consumo (A-Fig.17) = Disposición + Retornable
- Balance de importaciones/ exportaciones de bebidas y otros productos en envases de PET (B-Fig.17) = Exportación de materia prima, manufacturas y semimanufacturas + Uso/consumo (A-Fig.17) - Importación de materia prima, manufacturas y semimanufacturas - Retornable - Reciclaje
- Fabricación/Comercio = Importación de materia prima, manufacturas y semimanufacturas + Retornable + Reciclaje + B-Fig.17

A continuación, en los siguientes literales, se especifica por proceso las fuentes de información utilizadas en la investigación.

a) Importación y exportación

En primer lugar, se identificaron las partidas nacionales relacionadas a la economía del plástico y del PET en el país, las mismas que son mostradas en la Tabla 3²². A partir de estas partidas se identificó la cantidad de plástico y el dinero equivalente que ingresa y sale de los referidos materiales en formas primarias, semimanufacturas, manufacturas y residuos.

Tabla 3. Partidas arancelarias del mercado de plástico nacional

Código	Tipo	Descripción
3901	Formas Primarias	Polímeros de etileno en formas primarias
3902	Formas Primarias	Polímeros de propileno
3903	Formas Primarias	Polímeros de estireno en formas primarias
3904	Formas Primarias	Polímeros de cloruro de vinilo o de otras olefinas halogenadas, en formas primarias.
3905	Formas Primarias	Polímeros de acetato de vinilo o de otros ésteres vinílicos, en formas primarias
3906	Formas Primarias	Polímeros acrílicos en formas primarias
3907	Formas Primarias	Poliacetales, los demás poliéteres y resinas epoxi, en formas primarias policarbonatos, resinas alcídicas, poliésteres alílicos y demás poliésteres
3908	Formas Primarias	Poliamidas en formas primarias
3909	Formas Primarias	Resinas amínicas, resinas fenólicas y poliuretanos, en formas primarias
3910	Formas Primarias	Siliconas en formas primarias
3911	Formas Primarias	Resinas de petróleo, resinas de cumarona-indeno, politerpenos, polisulfuros, polisulfonas y demás productos
3912	Formas Primarias	Celulosa y sus derivados químicos, no expresados ni comprendidos en otra parte, en formas primarias
3913	Formas Primarias	Polímeros naturales (por ejemplo, ácido algínico) y polímeros naturales modificados
3914	Formas Primarias	Intercambiadores de iones a base de polímeros
3915	Residuos	Desechos, desperdicios y recortes, de plástico
3916	Semimanufacturas y manufacturas	Monofilamentos cuya mayor dimensión del corte transversal
3917	Semimanufacturas y manufacturas	Tubos y accesorios de tubería (juntas, codos, empalmes) de plástico
3918	Semimanufacturas y manufacturas	Revestimientos de plástico para suelos, incluso autoadhesivos, en rollos o losetas; revestimientos de plástico para paredes o techos
3919	Semimanufacturas y manufacturas	Placas, láminas, hojas, cintas, tiras y demás formas planas, autoadhesivas, de plástico
3920	Semimanufacturas y manufacturas	Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico no celular y sin refuerzo, estratificación ni soporte o combinación similar con otras materias
3921	Semimanufacturas y manufacturas	Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico
3922	Semimanufacturas y manufacturas	Bañeras, duchas, fregaderos, lavabos, bidés, inodoros y sus asientos y tapas, cisternas (depósitos de agua) para inodoros y artículos sanitarios e higiénicos similares, de plástico.
3923	Semimanufacturas y manufacturas	Artículos para el transporte o envasado, de plástico; tapones, tapas, cápsulas y demás dispositivos de cierre, de plástico.
3924	Semimanufacturas y manufacturas	Vajilla, artículos de cocina o de uso doméstico y artículos de higiene o tocador, de plástico.

22 EES-SNI. (2019). Reporte Sectorial de la Industria del Plástico N° 04-2019. Pág. 11. Disponible en: https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-PI%C3%A1sticos_2019.pdf

Código	Tipo	Descripción
3925	Semimanufacturas y manufacturas	Artículos para la construcción, de plástico, no expresados ni comprendidos en otra parte.
3926	Semimanufacturas y manufacturas	Las demás manufacturas de plástico y manufacturas de las demás materias

Fuente: IEES-SNI (2019)²³

Tabla 4. Partidas arancelarias del mercado de PET nacional

Subpartida nacional	Tipo	Descripción
3920620000	Formas primarias	Las demás placas, laminas, hojas y tiras de politereftalato de etileno
3907619000	Formas primarias	Los demás poli(tereftalato de etileno) con índice de viscosidad igual o superior a 78 ml/g, excepto con dióxido de titanio
3920990000	Formas primarias	Las demás placas, láminas, hojas y tiras de los demás plásticos
3921909000	Formas primarias	Las demás placas
3920690000	Formas primarias	Las demás placas, láminas, hojas y tiras de los demás poliesteres
3907611000	Formas primarias	Poli(tereftalato de etileno) con dióxido de titanio cuyo índice de viscosidad igual o superior a 78 ml/g
3923302000	Semimanufacturas y manufacturas	Bombonas de preformas
3923309100	Semimanufacturas y manufacturas	Bombonas, botellas, frascos y artículos similares de capacidad superior o igual a 18,9 litros (5 gal.)
3923309900	Semimanufacturas y manufacturas	Las demás bombonas, botellas, frascos y artículos similares
3923900000	Semimanufacturas y manufacturas	Los demás artículos para transporte o envasado de plástico
3915900000	Residuos	Desechos, recortes y desperdicios de los demás plásticos.

Fuente: Elaboración propia a partir del listado de subpartidas publicado por ADUANAS - SUNAT²⁴.

Los datos de importación y exportación, a partir del análisis de las partidas ya señaladas, han sido obtenidos del “Reporte Sectorial de la Industria del Plástico 2019” del IEES de la SNI y de la información disponibles de la Superintendencia Nacional Adjunta de Aduanas. Las Tabla 5 y Tabla 6 muestran los resultados de la información primaria.

Es importante precisar que estas tablas no incluyen la identificación de los códigos de la importación y exportación de bienes constituidos parcialmente por plástico o cuyo embalaje es de plástico; pero que no son identificados como “Bienes de plástico”.

23 Fuente: IEES-SNI. (2019). Reporte Sectorial de la Industria del Plástico N° 04-2019. Pág. 11. Disponible en: https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-P1%C3%A1sticos_2019.pdf

24 Disponible en: <http://www.aduanet.gob.pe/itarancel/arancelS01Alias>

Tabla 5. Importaciones y exportaciones del plástico en el Perú expresado en peso (miles de t) y dinero (millones de US\$) para el año 2018

Proceso	It	Presentación del producto	Miles t	Millones US\$
IMPORTACIÓN	A	Formas primarias ²⁵	1062.00	1534.00
	B	Manufacturas y semimanufacturas ²⁶	192.88	712.22
	C	Residuos ²⁷	7.12	2.78
	D	Total	1262	2249
EXPORTACIONES	E	Formas primarias ²⁸	56.78	66.90
	F	Manufacturas y semimanufacturas ²⁹	162.08	458.50
	G	Residuos ³⁰	0.27	0.50
	H	Total	219	526

Fuente: Elaboración propia a partir de IEES-SIN (2019) y SUNAT (2019).

Tabla 6. Importaciones y exportaciones del PET en Perú expresado en peso (miles de t) y dinero (millones de US\$) para el año 2018

Proceso	It	Presentación del producto	Miles t	Millones US\$
IMPORTACIÓN	A	Formas primarias ³¹	138.24	194.50
	B	Manufacturas y semimanufacturas ³⁸	4.91	24.02
	C	Residuos ³⁸	5.26	1.96
	D	Total	148.42	220.48
EXPORTACIONES	E	Formas primarias ³⁸	54.76	91.72
	F	Manufacturas y semimanufacturas ³⁸	20.95	46.09
	G	Residuos ³⁸	0.21	0.11
	H	Total	75.92	137.92

Fuente: Elaboración propia a partir SUNAT (2019b).

25 IEES-SNI. (2019). Reporte Sectorial de la Industria del Plástico N° 04-2019. Pág. 21.

26 IEES-SNI. (2019). Reporte Sectorial de la Industria del Plástico N° 04-2019. Pág. 23. Al valor mostrado en el reporte se le restó el valor de residuos porque las partidas de manufacturas y semimanufacturas ya incluyen residuos; pero han sido separados para efectos del presente estudio. Valores sin sustraer los residuos son: 200 mil t y 715 millones US\$.

27 SUNAT. (2019). Base de datos de residuos de plástico provisto por SUNAT al MINAM en el marco de una consultoría de envases y embalajes.

28 IEES-SNI. (2019). Reporte Sectorial de la Industria del Plástico N° 04-2019. Pág. 16. Disponible en: https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-PI%C3%A1sticos_2019.pdf

29 IEES-SNI. (2019). Reporte Sectorial de la Industria del Plástico N° 04-2019. Pág. 18. Disponible en: https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-PI%C3%A1sticos_2019.pdf, Al valor mostrado en el reporte se le mostro el valor de residuos porque en las manufacturas y semimanufacturas ya incluyen residuos; pero han sido separados para efectos del presente estudio. Valores sin sustraer los residuos son: 162.4 mil t y 459 millones US\$.

30 SUNAT. (2019). Base de datos de residuos de plástico provisto por SUNAT al MINAM en el marco de una consultoría de envases y embalajes.

31 División de Estadística de la Gerencia de Estudios Económicos de la Oficina Nacional de Planeamiento y Estudios Económicos de la SUNAT. (2019b). Declaraciones de importación para el Consumo y Exportación Definitiva registradas en el Sistema de SUNAT. Cifras al 26 de junio de 2019.

b) Disposición

El proceso de disposición de los residuos de plástico y PET agrupa cuatro subprocesos: (1) Reciclaje de residuos nacionales, (2) Exportación de residuos, (3) disposición final en infraestructura adecuada y autorizada por el MINAM, y (4) vertimiento en botaderos o en el ambiente en general. Los valores del proceso y subprocesos se hallaron de acuerdo a lo siguiente:

- Los valores de la exportación se tomaron de las Tabla 5 y Tabla 6.
- Los valores de la disposición y la disposición final en infraestructura adecuada fueron determinados a partir de información secundaria conforme se muestra en la Tabla 7 y la Tabla 8, respectivamente.
- El valor del subproceso de reciclaje de residuos nacionales fue obtenido a partir del procesamiento de los resultados de las encuestas realizadas para la investigación y la exportación de residuos conforme se detalla en la Tabla 9.
- El valor del subproceso de vertimiento en botaderos fue determinado a partir de un balance de materia, es decir de la sustracción de los subprocesos de disposición final y reciclaje, del proceso de disposición conforme se detalla en la Tabla 10.

Tabla 7. Proceso de disposición de residuos de plástico y PET en Perú para el periodo 2018

Ámbito		Elemento	Unidad	Valor
Municipales	A	Generación municipal de residuos sólidos ³²	t/año	7,374,821.22
	B	Generación de residuos de PET ⁴⁰	t/año	190,175.43
	C	Generación de residuos de plástico duro ⁴⁰	t/año	195,790.59
	D	Generación de residuos de bolsas ⁴⁰	t/año	346,499.77
	E	% de Residuos de <i>tecnopor</i> ³³	%	0.75
	F	Generación de residuos plásticos de ámbito municipal (B+C+D+A*E)	t/año	787,814.90
No municipales	G	% de residuos plásticos en residuos no municipales ³⁴	%	1.10
	K	% de residuos No municipales respecto a municipales ³⁵	%	22.30
	L	Generación de residuos plásticos no municipales (A*G*K)	t/año	18,091.41
Total		Cantidad de residuos de plástico dispuestos (F+L)	mil t/ año	805.91
	N	Cantidad de residuos de PET dispuestos (B) ³⁶	mil t/ año	190.18

Fuente: Elaboración propia.

32 SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). (2019). Temática Ambiental: Residuos. Consulta en línea. Recopilado el 25 de enero de 2020 desde de: <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/tematicas?tematica=08>

33 MINAM. (2018). Valores validados de composición de residuos correspondientes al año 2016. [Se utilizó el valor de 2016 para el año 2018 porque la plataforma SIGERSOL reporta tecnopor; pero la información de 2018 no proporciona el valor].

34 NEFCO & Nordic Council of Ministers. (2018a). Producto 1: Diagnóstico del ciclo de residuos aprovechables de plástico, vidrio, papel y cartón por departamentos en el marco del “Programa Piloto para el Apoyo a las Acciones de Mitigación dentro del Sector de Manejo de Residuos Sólidos en el Perú bajo la Iniciativa de la Asociación de Países Nórdicos”. Perú: Ministerio del Ambiente.

35 MINAM. (2014). Cuarto reporte de gestión de residuos municipales y no municipales. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/cuarto-informe-nacional-residuos-solidos-municipales-no-municipales>. Valor obtenido a partir de las cifras más actualizadas de residuos no municipales que corresponden al año 2011, se determinó a partir de la división de los residuos municipales en 2011 (7,203,677 t/año) entre los residuos no municipales en 2011 (1,606,506 t/año).

36 Se considera que la cantidad de residuos de PET generada por el sector industrial no es significativa.

Tabla 8. Subproceso de disposición adecuada de residuos de plástico y PET en Perú para el periodo 2018

It	Elemento	Unidad	Valor
A	Porcentaje de residuos de plástico de origen municipal dispuestos en infraestructura adecuada ³⁷	%	51.83
B	Cantidad de residuos de plástico dispuestos adecuadamente en rellenos sanitarios (F{Tabla7}*A) ³⁸	mil t/año	408.29
C	Cantidad de residuos PET dispuestos adecuadamente en rellenos sanitarios (N{Tabla7}*A)	mil t/año	98.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Subproceso de reciclaje de residuos de origen nacional de plástico y PET en el periodo 2018, a partir de los resultados de la encuesta aplicada durante la investigación

Ámbito	It	Elemento	Unidad	Valor
Datos generales	A	Tamaño muestral de los CA	Unidad	58.00
	B	Cantidad de CA en Lima Metropolitana y Callao ³⁹	Unidad	292.00
	C	Cantidad de CA en Perú ⁴⁰	Unidad	490.00
	D	Porcentaje de residuos inorgánicos municipales que son recolectados para reciclaje ⁴¹	%	3.75
	E	Residuos de plástico municipales recolectados para reciclaje (F{Tabla7}*D)	mil t/año	29.57
	F	Residuos de PET municipales recolectados para reciclaje (B{Tabla7}*D)	mil t/año	7.14

37 MINAM. (2019). Base Integrada de Residuos Sólidos del periodo 2018.

38 Se asume que la cantidad de los residuos de plástico no municipales es reducida y que son comercializados por las EO-RS. Por ello, la cantidad de residuos de plástico.

39 Pág. 57 del Producto 1 del Estudio MINAM, NEFCO & Nordic of Council of Ministers (2018).

40 Pág. 60 del Producto 1 del Estudio MINAM, NEFCO & Nordic of Council of Ministers (2018a) señala que en los departamentos priorizados existen 198 CA, en ese sentido se asume que a nivel nacional existen 490 CA (292 en Lima y 198 en departamentos).

41 MINAM. (2019). Base Integrada de Residuos Sólidos del periodo 2018.

Ámbito	It	Elemento	Unidad	Valor
Plástico	G	Porcentaje de residuos de plástico comercializados por CA formales en la muestra de la encuesta	%	74.48
	H	Porcentaje de residuos de plástico comercializados por CA informales en la muestra de la encuesta	%	25.52
	I	Residuos de plástico comercializados por CA en la muestra de la encuesta	mil t/año	11.96
	J	Residuos de plástico comercializados por CA en Lima (I*B/A)	mil t/año	60.22
	K	Residuos de plástico comercializados por CA en Perú (J*C/B)	mil t/año	101.06
	L	<i>Cantidad total de residuos de plástico reciclados (K+E)</i>	<i>mil t/año</i>	<i>130.63</i>
	M	<i>Porcentaje total de residuos de plástico reciclados en el ámbito formal [(G*K+E)/L]⁴²</i>	%	80.26
	N	<i>Porcentaje total de residuos de plástico reciclados en el ámbito informal [(H*K)/L]</i>	%	19.74
	O	<i>Cantidad de residuos de plástico de origen nacional reciclados (L-C{Tabla5})⁴³</i>	<i>mil t/año</i>	<i>123.51</i>
	P	<i>Porcentaje total de residuos de plástico de origen nacional reciclados en el ámbito formal [(L*M-C{Tabla5})/O]⁵¹</i>	%	79.12%
	Q	<i>Porcentaje total de residuos de plástico de origen nacional reciclados en el ámbito informal (100%-P)</i>	%	20.88%
PET	R	Porcentaje de residuos de PET comercializados por CA formales en la muestra de la encuesta	%	82.93
	S	Porcentaje de residuos de PET comercializados por CA informales en la muestra de la encuesta	%	17.07
	T	Residuos de PET comercializados por CA en la muestra de la encuesta	mil t/año	4.69
	U	Residuos de PET comercializados por CA en Lima (T*B/A)	mil t/año	23.63
	V	Residuos de PER comercializados por CA en Perú (U*C/B)	mil t/año	58.47
	W	<i>Cantidad total de residuos de PET reciclados (V+F)</i>	<i>mil t/año</i>	<i>46.78</i>
	X	<i>Porcentaje total de residuos de PET reciclados en el ámbito formal [(R*V+F)/W]</i>	%	85.53
	Y	<i>Porcentaje total de residuos de plástico reciclados en el ámbito informal [(S*V)/W]</i>	%	14.47
	Z	<i>Cantidad de residuos de PET de origen nacional reciclados (W-C{Tabla6})</i>	<i>mil t/año</i>	<i>41.52</i>
	AA	<i>Porcentaje total de residuos de PET de origen nacional reciclados en el ámbito formal [(W*X-C{Tabla6})/Z]</i>	%	83.70%
	AB	<i>Porcentaje total de residuos de PET de origen nacional reciclados en el ámbito informal (100%-AA)</i>	%	14.47%

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta.

42 Se ha adicionando los residuos de origen municipal, asumiendo que estos residuos son donados o dirigidos directamente a la industria sin pasar por los CA. Asimismo, son adicionados en su totalidad al sector formal pues se asume su procedencia formal al ser recolectados por los servicios de las Municipalidades.

43 Se obtiene la cantidad sustrayendo los residuos importados a los residuos reciclados en el país. Asimismo, se estos residuos son sustraídos en su totalidad del sector formal, porque el artículo 42 de la LGIRS y su reglamento señala que solo las EO-RS pueden ser autorizadas 43. Por el MINAM para el movimiento transfronterizo de residuos sólidos.

El valor del subproceso de vertimiento en botaderos fue hallado, para el plástico y el PET, realizando un balance de masa, conforme se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{Disposición (mil t/año)} = \text{Reciclaje de residuos nacionales} + \text{Disposición final} + \text{Vertimiento en botaderos}$$

Finalmente, la Tabla 10 resume los valores obtenidos para el proceso de disposición y sus subprocesos de reciclaje, disposición adecuada y vertimiento en el ambiente, los mismos que fueron utilizados en la elaboración del MAFM.

Tabla 10. Disposición, reciclaje de residuos de origen nacional, disposición en infraestructura adecuada y vertimiento en el ambiente de los residuos de plástico y PET, en Perú, en 2018

RESIDUOS DE PLÁSTICO		RESIDUOS DE PET	
Disposición: 805.91 mil t, 100%	Reciclaje de residuos de origen nacional: 123.51 mil t, 15.33%	Disposición: 190.18 mil t, 100%	Reciclaje de residuos de origen nacional: 41.52 mil t, 21.83%
	Exportación: 0.27 mil t, 0.03%		Exportación: 0.21 mil t, 0.11%
	Disposición adecuada: 408.29 mil t, 50.66%		Disposición adecuada: 98.56 mil t, 51.83%
	Vertimiento en el ambiente: 273.83 mil t, 33.98%		Vertimiento en el ambiente: 49.89 mil t, 26.23%

Fuente: Elaboración propia.

Los valores del proceso de disposición y sus subprocesos no incluyen el traslado de residuos de plástico a través de los cuerpos de agua, ya sea por las corrientes marinas que traen residuos desde aguas internacionales o por las corrientes de los ríos que compartimos con otros países. Asimismo, se ha tomado el supuesto de un proceso de fabricación/comercio eficiente que no genera residuos de plástico. Ante la falta de información, estos supuestos se consideran válidos debido a que la cantidad de residuos de plástico en el sector industrial representa el 1.1% del total de residuos generados, así como la cantidad de residuos sólidos industriales representa el 22.3% de los residuos sólidos municipales (NEFCO & Nordic Council of Ministers, 2018a y MINAM, 2014).

Ante la reducida disponibilidad de información, se ha realizado la transferencia de algunos datos de información secundaria (oportunamente referenciados en el documento) para proyectar el valor de la población de CA en Perú, a partir de los resultados de las encuestas realizadas a una muestra de CA en Lima Metropolitana y el Callao aplicadas durante la presente investigación. El margen de error de la transferencia y proyección debe ser considerado en la aplicación de los resultados de la presente investigación.

Se llama la atención sobre la necesidad de contar con información articulada, estandarizada y validada. Si bien el MINAM se encuentra fortaleciendo sus sistemas de información sobre residuos sólidos a través del SIGERSOL; a la fecha sus esfuerzos están centrados en la estandarización de los datos e indicadores de los residuos sólidos reportados por las municipales.

c) Reciclaje

El valor de este proceso es el resultado de la adición de la importación de residuos y del reciclaje nacional, los valores son mostrados en la Tabla 11. Asimismo, la Tabla 12 muestra la cantidad de residuos de plástico y PET manejados por CA formales e informales en Perú, en el periodo 2018.

Tabla 11. Reciclaje de residuos de plástico y PET en el Perú, en el periodo 2018.

RECICLAJE DE PLÁSTICO		RECICLAJE DE PET	
Reciclaje total: 130.63 mil t, 100%	Reciclaje de residuos de origen nacional: 123.51 mil t, 94.55%	Reciclaje total: 46.78 mil t, 100%	Reciclaje de residuos de origen nacional: 41.52 mil t, 91.98%
	Reciclaje de residuos importados: 7.12 mil t, 5.45%		Reciclaje de residuos importados: 5.26 mil t, 8.02%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Porcentaje de residuos de plástico y PET manejados por CA formales e informales en Perú, en el periodo 2018

	Total, de residuos		Residuos de origen nacional		Residuos exportados	
	Formales	Informales	Formales	Informales	Formales	Informales
Plástico	80.26%	19.74%	79.12%	20.88%	100%	-
PET	84.77%	15.21%	83.46%	16.54%	100%	-

Fuente: Elaboración propia.

d) Retornabilidad

Este proceso solo ha sido considerado para el MAFM de PET. Se consideró un valor de 0.90 mil t, de acuerdo a la información facilitada por la Asociación de Bebidas y Refrescos Sin Alcohol del Perú (ABRESA) al MINAM⁴⁴

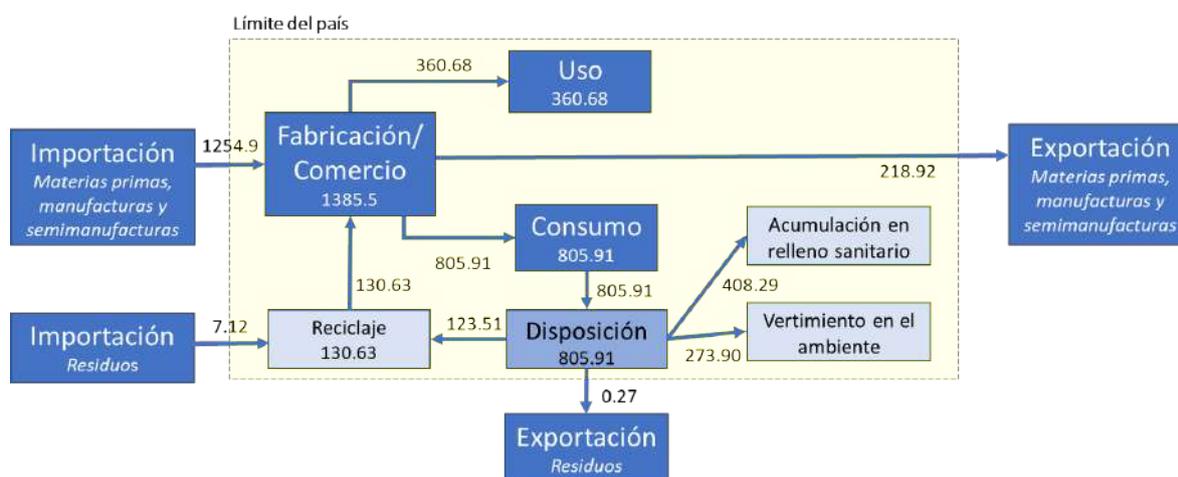
d) Uso, consumo y fabricación

Los valores de estos procesos fueron determinados mediante balances de materia de acuerdo a lo señalado anteriormente, sus valores son mostrados en los MAFM del siguiente numeral.

2.4.3 Modelos de Análisis de Flujo de Materiales

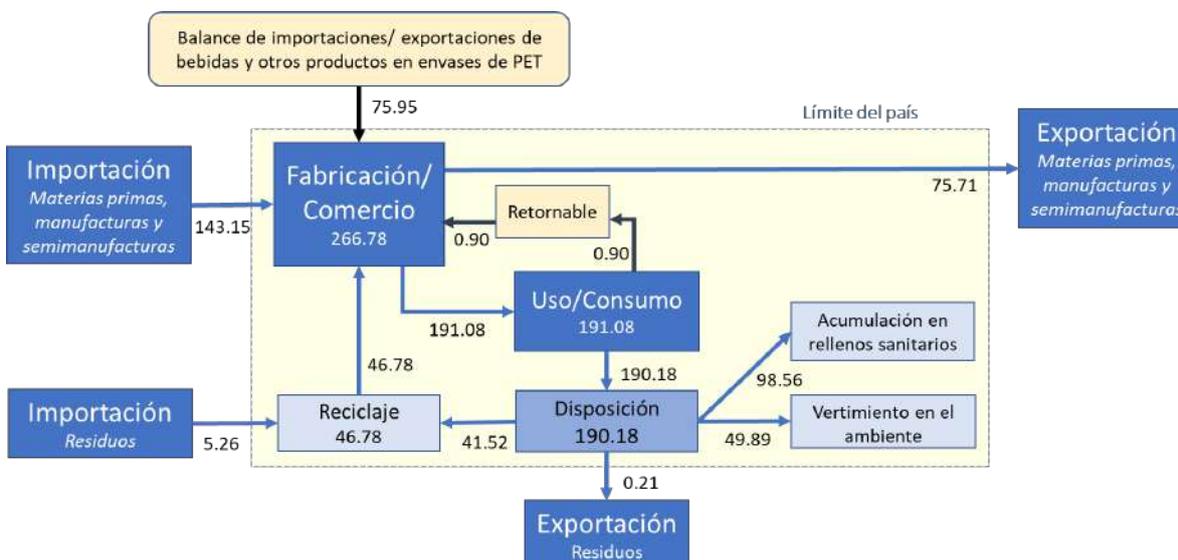
A partir de la información obtenida en los numerales precedentes, se realizó los balances de materia para el plástico y PET en el Perú para el periodo 2018. Los resultados del balance de materia son mostrados en la Figura 18 y Figura 19, respectivamente. Asimismo, la **Figura 20** y **Figura 21** esquematizan los flujos de plástico y PET, para el mismo alcance y periodo.

Figura 18. Resultados del balance de materia del plástico para el año 2018, valores expresados en miles de t



Fuente: Elaboración propia.

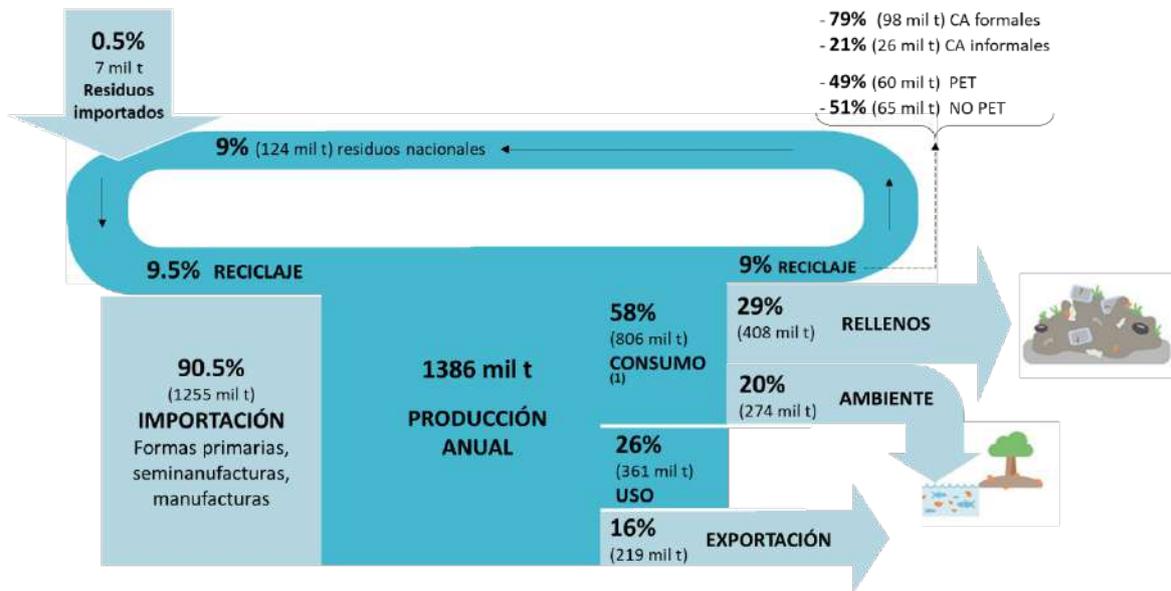
Figura 19. Resultados del balance de materia del PET para el año 2018, valores expresados en miles de t



Fuente: Elaboración propia.

44. Información consignada en el Informe N° 00010-2019-MINAM/VMGA/DGRS-VVYD del MINAM.

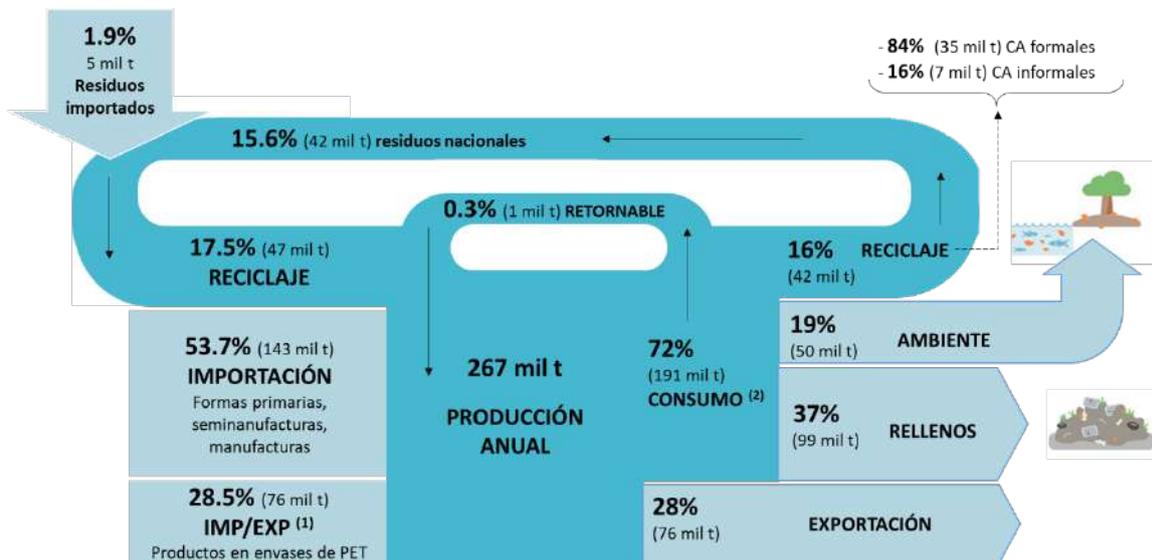
Figura 20. Flujo de plástico a nivel nacional en 2018



⁽¹⁾ En la diagramación de las salidas del “Consumo” no se incluyó las exportaciones de residuos porque el valor es muy pequeño: 0.27 mil t, 0.02%.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Flujo de PET a nivel nacional en 2018



⁽¹⁾ Balance de importaciones y exportaciones de productos contenidos en envases de PET.

⁽²⁾ En la diagramación de las salidas del “Consumo” no se incluyó las exportaciones de residuos porque el valor es muy pequeño: 0.21 mil t, 0.1%.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones



2.5. Conclusiones y recomendaciones

- En el mercado nacional de plástico se han identificado acciones que buscan transitar el modelo lineal a uno circular, sobre todo a nivel de actores del mercado. Sin embargo, estas acciones no están articuladas ni obedecen a un rediseño de la economía del plástico en el país con el fin de migrar a una economía circular.
- En 2018, Perú produjo 1386 mil t de plástico. El 26% (361 mil t) corresponde a productos que los consumidores utilizaron por un tiempo mayor a un año, el 58% (806 mil t) corresponde a productos que se descartaron como residuos en menos de un año, y el 16% a exportaciones de formas primarias, manufacturas y semimanufacturas de plástico. Respecto al PET, se produjo 267 mil t de PET, de los cuales el 72% (191 mil t) se consumieron en menos de un año y el 28% (76 mil t) fueron exportados como formas primarias, manufacturas y semimanufacturas.
- El reciclaje del plástico en el Perú es ineficiente. El 15% (124 mil t) del total de los residuos de plástico generados en el país son valorizados mientras que el 85% se pierde (408 mil t en rellenos sanitarios y 274 mil t en el ambiente). El 21% (26 mil t) de los residuos de plástico nacionales valorizados tienen procedencia informal.
- Los residuos de PET representan el 34% (60 mil t) de los residuos nacionales de plástico que se comercializan para reciclaje. Al respecto, de acuerdo a las entrevistas se estima que al menos el 50% del total de residuos de PET comercializados se recicla para formar botellas y preformas de PET.
- Si bien el porcentaje de reciclaje del PET (22%) respecto al total de residuos de PET generados es mayor al valor correspondiente al plástico (15%); también es un proceso ineficiente. El 78% de los residuos de PET se pierden (99 mil t en rellenos sanitarios y 50 mil t vertidos directamente en el ambiente). El 16% (6.8 mil t) de los residuos de plástico nacionales valorizados tienen procedencia informal.
- En Lima se recibe la gran mayoría de los residuos de plástico que son recuperados a nivel nacional para su valorización e industrialización.
- No existe un mecanismo de trazabilidad del plástico reciclado. Se ha identificado que un 17% de los residuos de procedencia informal es vendido a compradores que lo introducen a una cadena de valor formal. Este valor podría incrementarse al 31% si asumimos que todos los residuos adquiridos por los compradores “Otros CA y recicladores”, inicialmente clasificados como “no se precisa”, son de procedencia informal.
- La información disponible no es completa ni proviene de metodologías estandarizadas, la información es dispersa y a veces contradictoria en una misma fuente. Se requiere mejorar la gestión de la información, la trazabilidad y el acceso a la misma. Asimismo, es necesario de profundizar el análisis cualitativo y cuantitativo de la cadena de valor y establecer metodologías estandarizadas que permitan comparaciones futuras.

Optimización del reciclaje del plástico



3. PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL RECICLAJE DEL PLÁSTICO

A partir de la información generada en el diagnóstico, se identificó la necesidad de profundizar en las características de la producción de los CA y en las percepciones de las ventajas, desventajas y barreras de la formalización. Esta información es descrita en los numerales 3.1 y 3.2 del presente capítulo. Asimismo, en el numeral 3.3 se describe los elementos de la propuesta de optimización.

3.1. Análisis de la producción de los CA

Según lo señalado anteriormente en la metodología, la propuesta de optimización se desarrolla sobre la base del análisis de las funciones de producción de los residuos de plástico y de PET de los CA. Esta función relaciona la producción de residuos de plástico (t/mes) y sus factores, y permite medir la cantidad máxima de producción que puede obtener un CA a partir de una cantidad dada de factores (Varian, 2011). La función de producción es expresada de la siguiente manera:

$$q = f(K, L, \text{Formalidad})$$

Donde q es la producción de residuos de plástico (t/mes), K es el capital expresado en el número de equipos disponibles en la operación del CA (unidades), L es el trabajo realizado por el personal del CA (horas hombre/mes), y Formalidad es una variable dicotómica que nos permite identificar la formalidad del CA en la función, colocando 1 cuando es un CA formal y 0 cuando es un CA informal. Para el caso de las variables q y L , se agregará plástico o PET cuando se haga referencia a todos los residuos de plástico o solo a los residuos de PET, respectivamente.

Para la elaboración de los modelos de la función de producción se especificaron los tipos funcionales mostrados en la Tabla 13 y la Tabla 14, respectivamente.

Tabla 13. Formas funcionales utilizadas en la estimación del modelo de la función de producción de residuos de plástico de los CA

Código	Especificación
FP_Lineal1	$q_{\text{plastico}} = l_{\text{plastico}} + k + \text{formalidad} + l_{\text{plastico}} * \text{formalidad} + k * \text{formalidad}$
FP_Lineal2	$q_{\text{plastico}} = l_{\text{plastico}} + l_{\text{plastico}} * \text{formalidad} + k * \text{formalidad}$
FP_LogLog1	$\ln(q_{\text{plastico}}) = \ln(K) + \ln(l_{\text{plastico}}) + \text{formalidad} + \ln(K) * \text{formalidad} + \ln(l_{\text{plastico}}) * \text{formalidad}$
FP_LogLog2	$\ln(q_{\text{plastico}}) = \ln(K) + \ln(l_{\text{plastico}})$
FP_LogLog3	$\ln(q_{\text{plastico}}) = \ln(l_{\text{plastico}}) + \ln(k) * \text{formalidad}$
FP_LogLog4	$\ln(q_{\text{plastico}}) = \ln(l_{\text{plastico}}) + \ln(k) + \text{formalidad}$
FP_LogLog5	$\ln(q_{\text{plastico}}) = \ln(l_{\text{plastico}}) * \text{formalidad} + \ln(k)$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Formas funcionales utilizadas en la estimación del modelo de la función de producción de residuos de PET de los CA

Código	Especificación
FPET_Lineal1	$q_{pet} = l_{pet} + k + \text{formalidad} + l_{pet} * \text{formalidad} + k * \text{formalidad}$
FPET_Lineal2	$q_{pet} = l_{pet} + k$
FPET_Lineal3	$q_{pet} = l_{pet} + k * \text{formalidad}$
FPET_Lineal4	$q_{pet} = l_{pet} + \text{formalidad}$
FPET_LogLog1	$\ln(q_{pet}) = \ln(l_{pet}) + \ln(k)$
FPET_LogLog2	$\ln(q_{pet}) = \ln(l_{pet}) * \text{formalidad} + \ln(k) * \text{formalidad} + \ln(l_{pet}) + \ln(k) + \text{formalidad}$
FPET_LogLog3	$\ln(q_{pet}) = \ln(q_{pet}) + \ln(k) * \text{formalidad}$
FPET_LogLog4	$\ln(q_{pet}) = \ln(l_{pet}) * \text{formalidad} + \ln(k)$

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se realizó la estimación del modelo aplicando Máxima Verosimilitud en el software econométrico EViews 10 a una base no estructurada de 55 datos obtenida de los resultados de las encuestas aplicadas en el Proyecto. Las estadísticas descriptivas de las variables son mostradas en el Anexo 5, así como el Anexo 6 muestra las estadísticas descriptivas de las variables expresadas en logaritmo. En el último caso se mantiene una distribución no normal de los errores de las variables, lo que refuerza la elección de la Máxima Verosimilitud como método de estimación.

Los resultados de la estimación de los modelos de la función de los residuos de plástico y PET son mostrados en el Anexo 7 y Anexo 8, respectivamente. Se eligió la especificación en función a la validación estadística⁴⁵ y a la validación económica a partir del criterio de experto del comportamiento del mercado de reciclaje en el mercado nacional. Así los modelos elegidos fueron FP_LogLog3 y FPET_LogLog3 para plástico y PET, respectivamente. A pesar de no contar con significancia individual, se optó por el modelo FPET-LogLog3 incrementando el nivel de significancia al 20% y bajo el supuesto que sigue la misma tendencia que la producción de residuos de PET.

Tabla 15. Resultados de pruebas estadísticas realizadas a la función de producción de plástico

Modelo	Sig_Individual	Sig_Grupal	R-Squared	Akaike	Schwartz
FP_Lineal1	No	Si	0.223	112.478	128.277
FP_Lineal2	Si	Si	0.173	128.509	137.642
FP_LogLog1	No	Si	0.399	59.040	72.990
FP_LogLog2	Si	Si	0.345	55.284	62.010
FP_LogLog3	Si	Si	0.368	59.247	65.769
FP_LogLog4	No	Si	0.372	64.179	72.375
FP_LogLog5	Si	Si	0.314	77.386	82.397

Fuente: Elaboración propia.

45. Significancia individual de las variables de acuerdo al estadístico z (pvalue < 0.05), significancia grupal de acuerdo al estadístico Rn-squared (pvalue < 0.05), mayor valor de R-Squared, menor valor de criterios Akaike y Schwartz.

Tabla 16. Resultados de pruebas estadísticas realizadas a la función de producción de PET

<i>Modelo</i>	<i>Sig_Individual</i>	<i>Sig_Grupal</i>	<i>R-Squared</i>	<i>Akaike</i>	<i>Schwartz</i>
FPET_Lineal1	-	-	-	-	-
FPET_Lineal2	Si	Si	0.032	88.041	96.462
FPET_Lineal3	Si	Si	0.044	87.651	96.258
FPET_Lineal4	Si	Si	0.054	96.724	105.074
FPET_LogLog1	No	Si	0.190	40.971	48.411
FPET_LogLog2	No	Si	0.240	49.737	63.969
FPET_LogLog3	No	Si	0.216	40.308	47.854
FPET_LogLog4	No	Si	0.248	29.511	38.241

Nota: Al estimar el primer modelo se obtuvo "Near singular matrix"

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, la Tabla 17 y la Tabla 18 muestran los modelos de las funciones de producción de los residuos de plástico y PET comercializados por los CA.

Tabla 17. Modelo seleccionado de la función de producción de residuos de plástico de los CA

FP_LogLog3: $\ln(q_{\text{plastico}}) = \ln(l_{\text{plastico}}) + \ln(k) \cdot \text{formalidad}$	
Formal Formalidad = 1	$\ln(q_{\text{plastico}}) = -0.507095 + 0.255504 \ln(l_{\text{plastico}}) + 1.371453 \ln(k)$
Informal Formalidad = 0	$\ln(q_{\text{plastico}}) = -0.507095 + 0.255504 \ln(l_{\text{plastico}})$

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la producción de los residuos de plástico por los CA formales, estos centros presentan rendimientos crecientes a escala (la sumatoria de los parámetros (1.63) es mayor a 1), es decir presentarían economías a escala y características de monopolio pues los CA con RUC tienen una mediana de 11 años de operación y los CA que son EORS tienen un promedio de 34 años de operación. En cuanto a la interpretación de los parámetros, el incremento de 1% de horas hombre trabajadas generaría el incremento de 0.26% de los residuos acondicionados para comercialización; en tanto que el incremento en 1% de las unidades de equipos generaría el incremento de 1.37% de producción de residuos sólidos acondicionados para su comercialización.

La producción de residuos de plástico acondicionados para su comercialización por los CA informales solo depende de las horas hombre trabajadas. Su producción presenta rendimientos decrecientes a escala (la sumatoria de los parámetros (0.26) es menor a 1), es decir presentan diseconomías a escala. Respecto a los parámetros, el incremento de 1% de horas hombre trabajadas generaría el incremento de 0.26% de los residuos acondicionados para comercialización.

Tabla 18. Modelo seleccionado de la función de producción de residuos de PET de los CA

FPET_LogLog3: $\ln(q_{pet}) = \ln(k) + \ln(l_{pet}) + \alpha \ln(k)$	
Formal Formalidad = 1	$\ln(q_{pet}) = -1.058972 + 0.2091644\ln(l_{pet}) + 1.180774\ln(k)$
Informal Formalidad = 0	$\ln(q_{pet}) = -1.058972 + 0.2091644\ln(l_{pet})$

Fuente: Elaboración propia.

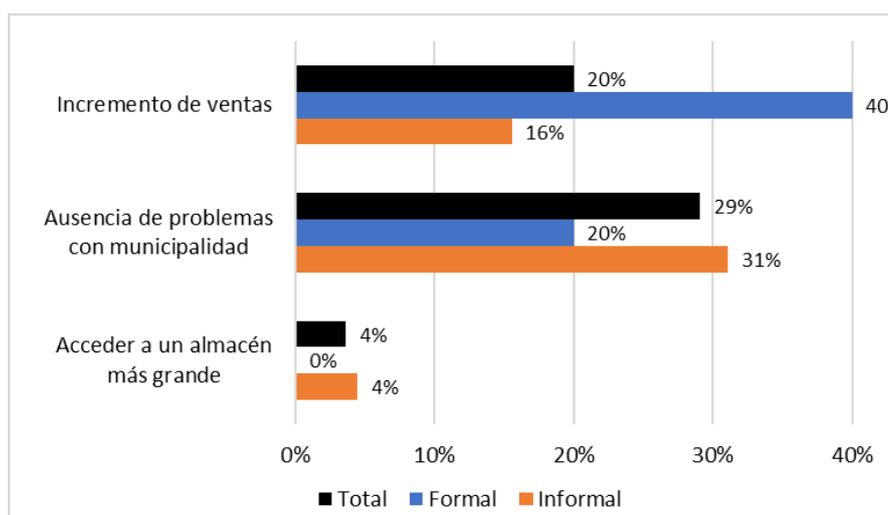
Respecto a la producción de los residuos de PET por los CA formales, estos centros presentan rendimientos crecientes a escala (la sumatoria de los parámetros (1.39) es mayor a 1), es decir también presentarían economías a escala y características de monopolio. En cuanto a la interpretación de los parámetros, el incremento de 1% de horas hombre trabajadas generaría el incremento de 0.21% de los residuos acondicionados para comercialización; en tanto que el incremento en 1% de las unidades de equipos generaría el incremento de 1.18% de producción de residuos sólidos acondicionados para su comercialización.

La producción de residuos de PET acondicionados para su comercialización por los CA informales solo depende de las horas hombre trabajadas. Su producción presenta rendimientos decrecientes a escala (la sumatoria de los parámetros (0.21) es menor a 1), es decir presentan diseconomías a escala. Respecto a los parámetros, el incremento de 1% de horas hombre trabajadas generaría el incremento de 0.21% de los residuos acondicionados para comercialización.

3.2. Barreras de entrada al mercado

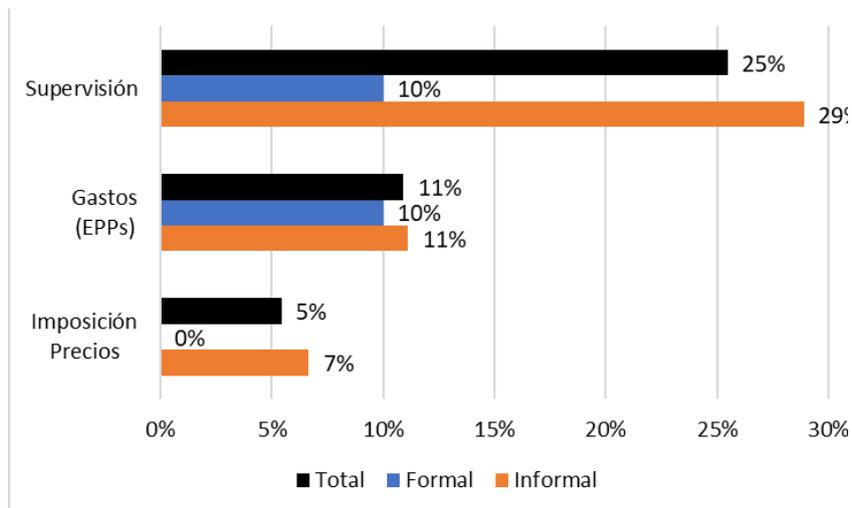
En las encuestas realizadas a los CA se incluyeron tres preguntas (25, 26 y 27) sobre las ventajas, desventajas y barreras de la formalización. Los resultados son mostrados en las Figura 22, Figura 23 y Figura 24, respectivamente.

Figura 22. Ventajas de la formalidad declaradas por los CA



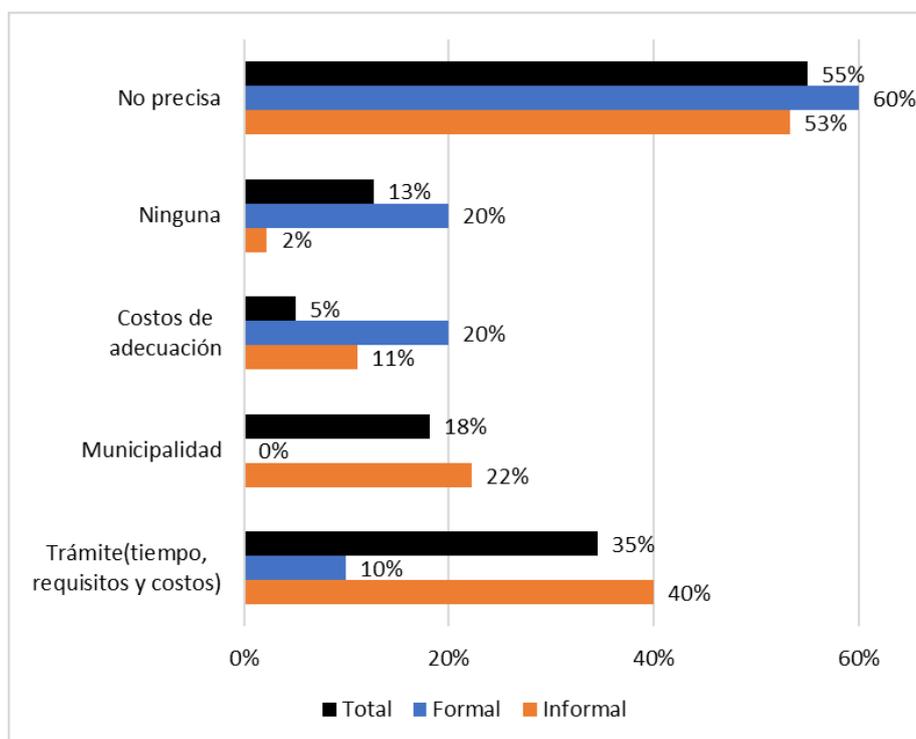
Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Desventajas de la formalidad declaradas por los CA



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Barreras de la formalidad declaradas por los CA



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de los gráficos, se puede observar que la Municipalidad juega un rol importante en la operación de los CA ya que ha sido identificada por los encuestados tanto en las ventajas, desventajas y barreras para acceder a la formalización de los CA. El 29% de los CA encuestados identifica la ausencia de problemas con la municipalidad como una ventaja de la formalización de los CA, el 25% de los CA entrevistados identifica a la supervisión de la Municipalidad como una desventaja de la formalización, y el 18% identifica a la Municipalidad como una barrera para la formalización. En todos los casos, los CA informales son los que declaran una mayor incidencia de la Municipalidad.

Se pueden identificar elementos que se constituyen como barreras de entrada a la formalización. El 35% de los CA identifican a los requisitos, tiempo y costos del trámite para la formalización como una barrera, en tanto que el 5% también identifica a los costos de adecuación como una barrera. Solo el 13% de los CA no identifica barreras para la formalización, este grupo solo contiene el 2% de los CA informales.

Resalta que el 7% de los CA de acopio informales declara que una de las desventajas de la formalización es la imposición de precios. Por otro lado, también resalta en el 11% de los CA formales e informales considera a los gastos en Equipos de Protección Personal como una desventaja de la formalización, este resultado pone en evidencia la precariedad laboral de un sector de los CA.

Lo señalado en los dos párrafos anteriores, sumado a la variación de precios en la cadena de comercialización descrita en el literal f) del numeral 2.3 del presente documento refuerzan la afirmación de que los CA formales presentan un comportamiento monopólico.

3.3. Descripción de la propuesta de optimización

Los CA formales son empresas ya constituidas con una mediana de 11 años de antigüedad y presentan rendimientos crecientes a escala. Al respecto, de acuerdo a los principios de la economía, es más ventajoso tener una única y gran empresa que la existencia de muchas y pequeñas. Ello debido a que el coste del ingreso, instalación y/o operación de la actividad es alto, por lo que es ineficiente que muchas empresas lo realicen (Pindyck, 2009; Varian, 2011).

En diversos países la gestión de los residuos sólidos municipales se realiza como un monopolio natural supervisada por un organismo regulador. Al respecto, Rubiano y Amador (2004) realizaron un análisis de microeconomía aplicada al servicio urbano de aseo en Colombia donde identificaron que: *“En condiciones de monopolio, la empresa prestadora del servicio RTRS⁴⁶ optimiza completamente sus operaciones, lo cual permite al regulador conocer el costo de eficiencia del servicio. Los costos de transacción se reducen al mínimo: una interventoría y gastos de discusión e interpretación de un único contrato. Los costos de información del monopolista consisten en la producción, alimentación y mantenimiento de una base de datos sobre la ciudad. Los consumidores y el municipio tienen plena certeza sobre la responsabilidad del monopolista en las fallas en el servicio.”*

Respecto al Proyecto, si analizamos los CA en conjunto con los procesos de recolección, podemos fácilmente identificar que los costos de la formalización, información y transacciones son elevados; por lo que a pesar de ser una actividad que teóricamente se realiza en condiciones de competitividad, lo que realmente sucede es que el sector formal que representa el 20% en número de los CA, maneja alrededor del 80% en peso de los residuos de plástico y se comporta como un oligopolio⁴⁷.

Tomando como referencia el mercado eléctrico, la gestión de los residuos reciclables incluyendo a los residuos de plástico⁴⁸ podría ser separada en segmentos de recolección, transporte, acopio, comercialización y reciclaje propiamente dicho. Los tres primeros segmentos, deberían ser brindados a través de zonas de monopolio por un período de alrededor de cinco años (Rubiano & Amador, 2004), las cuales sean supervisadas por un organismo estatal para prevenir la fijación precios. Asimismo, la asignación de las zonas de monopolio debería obedecer a un estudio espacial que permita realizar los recorridos más eficientes. La Figura 25 muestra un esquema gráfico de la propuesta de distribución espacial de los CA, donde en cada zona de monopolio cuenta con un gran CA de acopio periférico que se alimente de CA intermedios.

46 Recolección domiciliaria y transporte de residuos sólidos al sitio de disposición final.

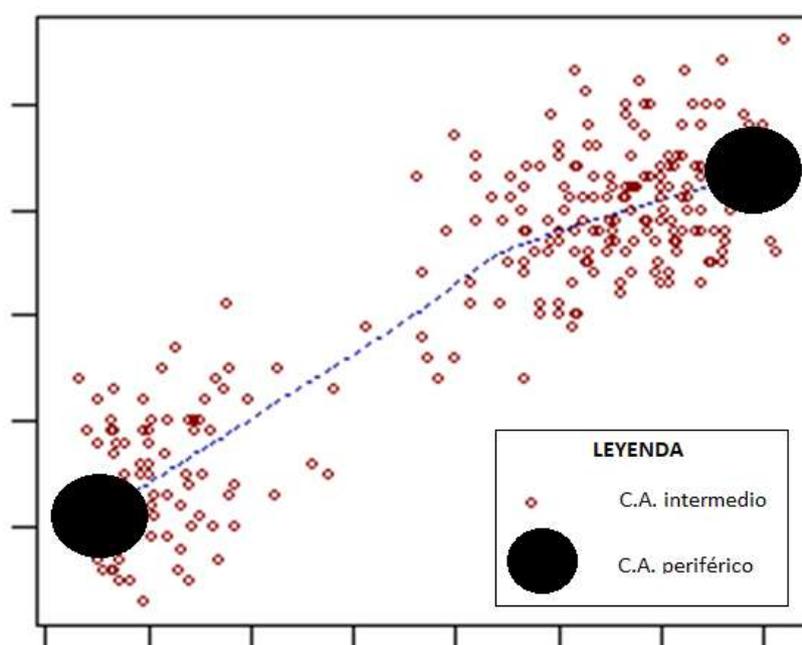
47 “La teoría económica puede afirmar con confianza que la guerra de precios permanente en el espacio y el tiempo (como algunas personas desinformadas creen que funcionan los mercados oligopólicos) es una situación relativamente muy corta en el tiempo, como sucede con todos los climas de un conflicto” (Rubiano y Amador, 2004).

48 Extendida a la gestión de residuos sólidos de origen municipal en general.

Se considera necesario que la recolección, almacenamiento y acondicionamiento de los residuos de plástico consideren los siguientes elementos para su optimización:

- Profesionalización y tecnificación de los trabajadores y la operación, respectivamente.
- Diseñar rutas y recorridos de recolección más eficientes.
- Incorporación de los recicladores en el modelo de operación de los CA y la recolección. Si bien es un actor muy importante, su rol en el mismo debe adecuarse a la fórmula que brinde mayor eficiencia en la actividad.
- Ecodiseño e internalización de externalidades por los productores.

Figura 25. Esquema gráfico de la distribución espacial de los CA de la propuesta de optimización



Fuente: Elaboración propia.

Es pertinente señalar que el reciclaje es necesario en un modelo de economía circular, pero debería ser parte del ciclo natural de reincorporación del material en el sistema, luego de haber utilizado o permanecido el valor del producto durante el mayor tiempo posible. En ese sentido, bajo la característica de la Economía Circular de “pensar en cascadas”, se debería complementar la propuesta con componentes que desarrollen acciones de compartir o realizar mantenimiento, reutilizar o redistribuir, renovar o remanufactura, y reciclar en última instancia⁴⁹, en ese orden de prioridad.

En ese sentido, para brindar una propuesta de optimización sostenible también es importante incluir recomendaciones para promover la circularidad mercado del plástico reciclado en nuestro país. Al respecto, la OCDE (2018) propone acciones para fortalecer la demanda y oferta de plásticos reciclados, las mismas que son mostradas Cuadro 4. Asimismo, la OCDE (2018) señala que la transición a una economía más circular, requiere de productos plásticos de mayor duración, con menos contenido tóxico y mayores tasas de recolección y reciclaje de plásticos.

49 Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/diagrama-sist%C3%A9mico>

Cuadro 4. Acciones clave sobre la oferta y demanda de plásticos reciclados

Oferta	Demanda
<ul style="list-style-type: none"> • Nivelar las reglas de juego entre plásticos vírgenes y plásticos reciclados. • Capacitar a los operadores de la cadena del reciclaje para obtener plástico reciclado de calidad • Formalizar a los recicladores de base y generar condiciones de trabajo decente 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la sostenibilidad y durabilidad de los materiales y productos plásticos con un diseño y materiales adecuados. • Información veraz al consumidor sobre el tipo de plástico que adquiere, ya sea en el producto o en el empaque • Evitar el plástico superfluo

Fuente: OCDE (2018) y Grupo GEA/CER (2019).

En las consultas realizadas a los actores relevantes, ellos señalan también la necesidad de incentivar y difundir beneficios tributarios para empresas que innoven en la generación de productos con ecodiseños, procesos de producción con reducciones en el impacto ambiental y tecnologías para el procesamiento de residuos y su reutilización en productos de valor agregado⁵⁰. Asimismo, resaltan la necesidad de fortalecer la investigación, innovación y desarrollo, en alianza con los centros de estudios e investigación^{58, 51}.

Al respecto, en el Taller de Diagnóstico de Economía Circular organizado por GEA y Recíclame en 2018 se identificaron una serie de problemas en la economía del plástico, los cuales son redactados como soluciones para ser integrados también en la propuesta de optimización del Proyecto:

- Incrementar la demanda de material reciclado en los productos de plástico, buscando que la demanda sea homogénea en todos los tipos de productos de plástico, en la medida de lo posible.
- Promover a la formalización de los operadores de residuos de plástico.
- Aplicar la responsabilidad extendida del consumidor.
- Incluir la reciclabilidad del producto y otros criterios ambientales como factores relevantes en la etapa de diseño, e impulsar el ecodiseño.
- Incrementar la infraestructura y tecnología.
- Nivelar las reglas de juego para el material reciclado y la materia prima no reciclada.
- Promover la investigación, innovación y transferencia de conocimientos y tecnología.

La OCDE (2018) señala que una acción de alto impacto es establecer la obligatoriedad de incorporar material reciclado en los productos de plástico a través de dispositivos legales. Al respecto, si bien la legislación nacional ha iniciado la incorporación de obligaciones de este tipo, las mismas podrían establecer metas más ambiciosas. Por ejemplo, la Ley de plásticos estableció en su artículo 10 que las botellas de PET que almacenan bebidas de consumo humano, así como aquellas que almacenan productos de limpieza y cuidado personal, deben incluir 15% de material reciclado en su composición al año 2021; sin embargo, este valor ya estaría siendo fácilmente cumplido por un sector de bebidas de consumo humano pues en el mercado ya se encuentran botellas con 100% de material reciclado.

El desarrollo de normativa, y la operación y la supervisión del servicio requieren el acceso a información. Sin embargo, esta es limitada y reduce la efectividad de las medidas que se implementen. Por ello, es necesario generar una plataforma en la que se encuentre información de los residuos municipales y no municipales, la cual sea reportada por los diferentes actores de la cadena de valor del reciclaje del plástico, de tal manera que también sea posible validar los valores y realizar la trazabilidad.

Finalmente, es pertinente señalar que esta propuesta fue validada en dos reuniones durante diciembre de 2019 con representantes de RECÍCLAME y empresas relevantes de la industria, a nivel de la manufactura del plástico como de aquellas que utilizan los bienes de plástico como embalaje de los productos que ofertan. Asimismo, también fue discutida en eventos académicos.

50 Sociedad de Comercio Exterior (ComexPerú). (2019). Respuesta al cuestionario remitido en el marco del Proyecto.

51 Universidad Nacional Agraria La Molina. (2019). Respuesta al cuestionario remitido en el marco del Proyecto.

3.5. Conclusiones y recomendaciones

- Los centros de acopio presentan **características de monopolio** y se considera que junto a la recolección son un monopolio natural. Por ello, se recomienda que brinden el servicio a través de zonas de monopolio por un período de alrededor de cinco años (Rubiano & Amador, 2004) y que sean articuladas y supervisadas por un organismo público o público/privado, para prevenir fallas adicionales en el mercado.
- La asignación de las zonas de monopolio debería obedecer a un estudio espacial que permita realizar los recorridos más eficientes, donde **cada zona tenga grandes CA periféricos y pequeños CA intermedios**.
- Se considera necesario que la recolección, almacenamiento y acondicionamiento de los residuos de plástico consideren los siguientes elementos para su optimización: (1) Profesionalización y tecnificación de los trabajadores y la operación, respectivamente, (2) Diseño rutas y recorridos de recolección más eficientes, (3) Incorporación de los recicladores en el modelo de operación de los CA y la recolección, y (4) Ecodiseño e internalización de externalidades por los productores.
- La transición a una economía circular, requiere de **productos plásticos de mayor duración**, con menos contenido tóxico y mayores tasas de recolección y reciclaje de plásticos. Así como acciones que mejoren la oferta y demanda de los plásticos reciclados.
- El presente estudio se encuentra vinculado a las líneas de acción de la reciente **Hoja de Ruta de Economía Circular para la Industria**⁵², con énfasis en las siguientes acciones:
 - i. Contar con un estudio de línea base para identificar sectores representativos con uso intensivo de recursos/materiales y con alto potencial de valorización de residuos para aplicar la economía circular
 - ii. Promover el uso de material de descarte en actividades industriales a través de la gestión del conocimiento y el desarrollo de proyectos demostrativos
 - iii. Sistematizar y poner a disposición investigaciones e innovaciones sobre economía circular en las actividades de la industria manufacturera y de procesamiento industrial.
- Se considera necesario que todos los actores de la cadena de valor participen en las distintas etapas y se generen **responsabilidades compartidas** que aseguren el éxito del sistema.
- Es importante contar con información de línea base, como el presente estudio, que sirva de soporte para la toma de decisiones asertivas que impulsen adecuadamente las cadenas de valor de los distintos materiales.
- Es importante la promoción de políticas para la implementación de infraestructura que permita la gestión eficiente de residuos reciclables, en la cual los incentivos por parte del gobierno serían clave.
- Es recomendable que se informe al consumidor sobre el tipo de plástico que está consumiendo a fin de promover su correcta segregación y posterior reciclaje.
- La reanudación de las actividades económicas vinculadas a la cadena de valor del reciclaje en general y en particular del plástico, en el contexto de la transición de la pandemia del COVID-19, requerirá de una especial atención a los protocolos de prevención y vigilancia del coronavirus⁵³.
- Será necesario establecer mecanismos de trazabilidad y aseguramiento de la calidad de las operaciones de reciclaje del plástico en todos los eslabones de la cadena de valor para asegurar la inocuidad y seguridad sanitaria en las operaciones, que permita evitar la transmisión de enfermedades como la que originó la pandemia del COVID-19.
- Finalmente, se deberá tener en cuenta las estrategias que implementarán las municipalidades y Ministerio del Ambiente para cumplir con la modificación a la Ley de Residuos Sólidos que establece la obligatoriedad de la segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos municipales a nivel nacional⁵⁴.

52. Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en el Sector Industria. DS 003-2020-PRODUCE del 19 de febrero del 2020.

53. Resolución Ministerial N° 095-2020-MINAM .- Aprueban el “Protocolo sanitario para la operación ante el COVID-19 del Servicio de Reciclaje” y los “Criterios de focalización territorial y la obligatoriedad de informar incidencias”

54. DL 1501 Modifica el DL 1278 Ley General de Residuos Sólidos del 11 de mayo del 2020

Bibliografía y anexos



- Amador, L., & Rubiano, N. (2004). Un análisis de microeconomía aplicada al servicio urbano de aseo ¿monopolio natural o libre competencia? *Revista de Derecho y Economía*. N.º 20.
- Díaz-Gómez, J.; Silva-Leal, J.; (2015). Análisis de flujo de materiales en sistemas humanos- una revisión. *Revista EIA*, 12(23) enero- junio, pp. 149-161. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2015.12.23.149-161>
- Frisch, R. (1965). *Theory of Production*. Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-017-6161-1>
- ISO. (2017). Norma técnica ISO 20400:2017, Compras sostenibles - Directrices. Esta definición ha sido adaptada de la Fundación Ellen MacArthur, organización referente en el tema. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:20400:ed-1:v1:es>
- MEF. (2019). Cuadro de actividades de la meta 3 del Programa de Incentivos de la Gestión Municipal
- MEF. (2019). Cuadro de actividades de la meta 3 del Programa de Incentivos de la Gestión Municipal.
- MINAM. (2014). Cuarto reporte de gestión de residuos municipales y no municipales. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/cuarto-informe-nacional-residuos-solidos-municipales-no-municipales>.
- MINAM. (2016). *Cifras Ambientales 2015*.
- MINAM. (2018). *Indicadores y datos de residuos sólidos municipales del periodo 2016*. Perú.

MINAM. (2018b). Correo remitido por la Asociación de Bebidas y Refrescos Sin Alcohol del Perú (ABRESA) al MINAM el 08 de febrero de 2019, mencionado en el Informe N° 00010-2019-MINAM/VMGA/DGRS-VVYD del MINAM.

MINAM. (2019a). Datos de generación y valorización de residuos sólidos del periodo 2013-2018, revisados por la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. Perú.

MINAM. (2019b). Exposición de motivos del Reglamento de la Ley N° 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. Lima.

MINAM. (2019c). Listado de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos. Lima, Perú: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos.

MINAM. (2019d). Registro de empresas operadoras de residuos autorizadas por el MINAM sólidos. Lima, Perú.

Moldeados del Perú (PAMOLSA S.A.). (2019). Respuesta al cuestionario remitido en el marco del Proyecto.

NEFCO, & Nordic Council of Ministers. (2018a). Diagnóstico del ciclo de residuos aprovechables de plástico, vidrio, papel y cartón por departamentos bajo el “Programa Piloto para el Apoyo a las Acciones de Mitigación dentro del Sector de Manejo de Residuos Sólidos en el Perú”. Perú: Ministerio del Ambiente.

NEFCO, & Nordic Council of Ministers. (2018b). Identificación de barreras y propuesta de condiciones habilitantes para la valorización de residuos aprovechables bajo el “Programa Piloto para el Apoyo a las Acciones de Mitigación dentro del Sector de Manejo de Residuos Sólidos en el Perú”. Perú: Ministerio del Ambiente.

Nicholson, W. (2004). Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones (8th ed.).

España: Thomson

OECD (2018), Improving Markets for Recycled Plastics: Trends, Prospects and Policy

Responses, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264301016-en>

ONU Medio Ambiente (2018). PLÁSTICOS DE UN SOLO USO: Una hoja de ruta para la sostenibilidad. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2009). Microeconomía (Séptima ed). España: PEARSON EDUCACIÓN S.A.

Reciclame. (s.f.). Página web. Recopilado el 11 de noviembre de 2019 de

<https://reciclame.org/quienes-somos/>

Resolución Legislativa N° 27824. Resolución Legislativa que aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2002). Retrieved from <http://www.unep.ch/iuc/>

SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). (2019). Temática Ambiental: Residuos. Consulta en línea. Recopilado el 25 de enero de 2020 desde de: <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/tematicas?tematica=08>

San Miguel Industrias PET (SMI). (2019). Entrevista realizada en el marco del Proyecto.

SNI. (2019a). Reporte Sectorial N° 04: Fabricación de productos de plástico. Lima, Perú.

SNI. (2019b). Situación y perspectivas de la industria del plástico en el Perú. Lima, Perú: II Congreso Internacional de la Industria Plástica.

Sociedad de Comercio Exterior (ComexPerú). (2019). Respuesta al cuestionario remitido en el marco del Proyecto.

SUNAT. (2019). Reportes elaborados por División de Estadística de la Gerencia de Estudios Económicos - Oficina Nacional de Planeamiento y Estudios Económicos. Perú.

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). (2019). Respuesta al cuestionario remitido en el marco del Proyecto.

World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company (2016).

The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics. Disponible en:

<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>.

16. Equipamiento (colocar cantidad en unidades)									
Montacarga	Transpaleta	Prensa	Compactadora	Ensunchadora	Trituradora	Molino	Faja transportadora		
III. SOBRE EL RECICLAJE DE PLÁSTICO									
Tipo de residuo plástico	17. Cantidad comercializada	18. Valor de venta (Soles /t)			19. Acondicionamiento (marcar con "X")				
		Mínimo	Mes	Máximo	Mes	Lavado	Picado	Prensado	Ensunchado
PET									
PP									
PEAD (Plástico duro)									
PEBD (Plástico film)									
PVC									
20. ¿Existen exigencias especiales de acondicionamiento del PET? (Colocar e((los) comprador(es) entre paréntesis) ¿En cuanto varía el precio de venta?									
Tipo de residuos		21. Principal(es) proveedor(es)			Teléfono(s)		Dirección(es)		
PET									
PP									
PEAD (Plástico duro)									
PEBD (Plástico film)									
PVC									

Tipo de residuos		22. Principal(es) comprador(es)			Teléfono(s)		Dirección(es)	
PET								
PP								
PEAD (Plástico duro)								
PEBD (Plástico film)								
PVC								
23. Costos de acondicionamiento (Soles/t)								
Tipo de residuos		Energía	Operarios	Mantenimiento	Local			
PET								
PP								
PEAD (Plástico duro)								
24. Costos de acondicionamiento (Soles/t)								
Tipo de residuos		Energía	Operarios	Mantenimiento	Local			
PEBD (Plástico film)								
PVC								
IV. Ventajas, desventajas y barreras (relacionar con la pregunta 11 y 12)								
25. ¿Cuáles son las ventajas de registrarse como Empresa Operadora de Residuos Sólidos en MINAM/ constituirse como Asociación de Recicladores en la Municipalidad?								
26. ¿Cuáles son las desventajas de registrarse como Empresa Operadora de Residuos Sólidos en MINAM/ constituirse como Asociación de Recicladores en la Municipalidad?								
27. ¿Qué barreras se presentan para registrarse como Empresa Operadora de Residuos Sólidos en MINAM/ constituirse como Asociación de Recicladores en la Municipalidad?								

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL FORMULARIO DE ENTREVISTA AL CENTRO DE ACOPIO/ EMPRESA OPERADORA DE RR.SS. APROVECHABLES

General	*	Buscar que la persona entrevistada sea alguien que les pueda brindar la <u>información que se solicita en la entrevista.</u>
	*	<u>Consignar información numérica en la medida de lo posible, las aproximaciones y valores referenciales son significativamente preferibles a no incluir ningún valor. Fomentar en los entrevistados a que les brinden esa información.</u>
	*	No utilizar las palabras “formal” o “informal” y sus variantes durante la entrevista.
	*	Tener especial cuidado en consignar los valores numéricos en las unidades señaladas en el formulario de la entrevista.
	*	La sigla “t” hace referencia a toneladas, de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (S.I.)
	*	No dejar los cuadrados en blanco: (1) Colocar “NA” (No aplica) si la pregunta no aplica a la entrevista (no se realiza en el CA); o, (2) Colocar NP (No Precisa) si la actividad/ elemento materia de la pregunta sí se realiza en el CA; pero el entrevistado no la responde.
	*	Se debe entregar el formulario llenado en campo, el formulario transcrito en excel, una fotografía de la fachada del centro de acopio y fotografías del interior del centro de acopio que sustenten las respuestas de la Entrevista, esto último en caso el entrevistado lo permita.
	Presentación	
0		Colocar el código del Centro de Acopio (CA) o Empresa Operadora de Residuos Sólidos (OPR) de acuerdo al código de la lista de CA.
9		Colocar los días de la semana y las horas que atienden, por ejemplo: lunes a sábado, 6 a 15 h. Debido al espacio disponible en este campo, puede utilizar la primera letra de la palabra para hacer referencias a los días de la semana: L, M, Mi, J, V, S, D.
10		Colocar el número promedio de trabajadores. Si el CA manifiesta que hay una alta variabilidad del número de trabajadores, colocar el rango de trabajadores de acuerdo a lo siguiente: Nº mínimo de trabajadores - Nº máximo de trabajadores.
11		Las preguntas 11.a, 11.b, 11.c y 12 son indicadores de formalidad para los objetos del estudio (NO MENCIONAR LAS PALABRAS FORMALIDAD O INFORMALIDAD durante la interacción con el entrevistado). El centro de acopio puede pertenecer a: <ul style="list-style-type: none"> - Una empresa operadora de residuos sólidos (verificar en el siguiente enlace: https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/274465-listado-de-empresas-operadoras-de-residuos-solidos-autorizadas-por-el-minam) - Una asociación de recicladores, solo se le denominará así si la Asociación está registrada en la Municipalidad (consultar en la entrevista) - A la Municipalidad, es decir es un centro de acopio municipal (verificar con la municipalidad) <p>Si el centro de acopio no aplica a ninguno de esos supuestos, colocar NA en los casilleros.</p>
12		El RUS es el Registro Único Simplificado, mayor información en: http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/nuevo-regimen-unico-simplificado-nuevo-rus Si el centro de acopio no tiene RUC o RUS, colocar NA en el casillero.

13	*	Colocar NA en los campos de los residuos que no son comercializados por el CA.
	*	Consignar
		Metal no ferroso hace referencia a: aluminio, cobre, plomo, níquel, estaño, titanio y zinc y aleaciones como el latón. Los metales preciosos tales como oro, plata y platino y metales exóticos o poco comunes, tales como cobalto, mercurio, tungsteno, berilio, bismuto.
	*	<i>Tetrabrick</i> es el genérico de <i>Tetra pak</i> (marca comercial)
	*	Instituciones públicas sin incluir instituciones educativas.
	*	Instituciones educativas: colegios, universidades, institutos
		<u>Tener especial cuidado en diferenciar los recicladores NO asociados (informales) de los recicladores asociados/ asociaciones de recicladores reconocidos por la Municipalidad (formales).</u> Se reitera que en la entrevista no se debe menciona las palabras formales e informales.
14	*	Utilizar los espacios vacíos para colocar información adicional en caso amerite, de lo contrario colocar NA.
15	*	<u>Tener especial cuidado en diferenciar los recicladores NO asociados (informales) de los recicladores asociados/ asociaciones de recicladores reconocidos por la Municipalidad (formales).</u> Se reitera que en la entrevista no se debe menciona las palabras formales e informales.
	*	Utilizar los espacios vacíos para colocar información adicional en caso amerite, de lo contrario colocar NA.
16	*	Los equipos fueron explicados en la capacitación
	*	Utilizar los espacios vacíos para colocar información adicional en caso amerite, de lo contrario colocar NA.
III		<ul style="list-style-type: none"> - PET: Tereftalato de Polietileno, utilizado en botellas de bebidas - PP: Polipropileno, utilizado en tapas de botellas, sobres, sacos - PEAD: Polietileno de Alta Densidad, utilizado en botellas de yogurt, artículos de plástico doméstico, etc. Consultar si el plástico duro solo hace referencia a este tipo de resina o si engloba a todos los tipos de plástico rígido. Precisar en el formulario. - PEBD: Polietileno de Baja Densidad, utilizado en bolsas, envoltorios. Consultar si el plástico film solo hace referencia a este tipo de resina o si engloba a todos los tipos de plástico flexible. Precisar en el formulario. - PVC: Polivinil de cloruro <p>En los espacios vacíos llenar otros tipos de resinas que también se comercialicen como residuos (por ejemplo, poliestireno (PS))</p> <p>Para mayor detalle de la simbología y otros, ver la NTP 900.062.</p>
18		Colocar el precio mínimo (soles/t) y el mes en que se da ese precio mínimo, lo mismo para el precio máximo. Se pueden ingresar datos generales o los valores de 2018.
19		Utilizar los espacios vacíos para colocar información adicional en caso amerite, de lo contrario colocar NA.
20		Precisar las exigencias de acondicionamiento y las diferencias de precio por valor agregado. Por ejemplo: la botella sin lavar con etiqueta y tapa (Precio 1), la botella lavada sin etiqueta ni tapa (Precio 2), etc. Precisar comprado en caso de que sea una exigencia característica del mismo.
IV		El objeto de estas preguntas es analizar las causas del por qué un CA es formal o informal. En ese sentido se han incluido preguntas de ventajas, desventajas y barreras para la formalidad. Considerar las respuestas de la pregunta 11 y 12.

Economía Circular en plástico



Anexo 2. Cuestionario a productores claves

I. Datos generales						
1. Nombre de la empresa						
2. Datos de la persona que llena el formulario	Nombre					
	Cargo					
	Correo electrónico					
	Número telefónico					
II. Respecto a la fabricación						
3. ¿Cuál es su producción anual de bienes de plástico?		t/año	4. ¿Qué porcentaje de la producción nacional de <u>bienes de plástico</u> es realizada por su organización?			%
5. ¿Cuál es su producción anual de bienes de plástico de <u>PET</u> ?		t/año	7. ¿Qué porcentaje de la producción nacional de bienes de plástico de <u>PET</u> es realizada por su organización?			%
6. ¿Cuál es su capacidad instalada para la producción de bienes de PET?		t/año	(Campo vacío)			
8. Por favor, complete la siguiente información de los productos que oferta en el mercado, diferenciando los productos reutilizables de los no reutilizables. Puede modificar el contenido y/o agregar filas si lo considera necesario.						
Nombre del producto	% de material reciclado en el producto que oferta	% de material reciclado máximo	Nº adecuado de reusos (solo para reutilizables)	Peso promedio del producto	Precio de venta	% de ventas
Botellas PET coldfill no reutilizables						
Botellas PET coldfill reutilizables						
Botellas PET hotfill no reutilizables						
Botellas PET hotfill reutilizables						
Camshell						
Bunnets						
Trays						
9. ¿El costo de producción de los productos de PET que incorporan material reciclado es menor al costo de producción de productos con resina PET virgen? Si es posible brinde datos.						
10. ¿El precio de venta de los productos de PET que incorporan material reciclado es menor al precio de venta del producto de PET de resina virgen? Si es posible brinde datos.						
III. Respecto a la importación/ exportación de PET						
11. Por favor, precise las subpartidas nacionales de la materia prima, productos intermedios y residuos que importa y exporta para la producción de bienes de PET.						
12. ¿Cuál es la cantidad de productos de PET manufacturados e intermedios que importa anualmente?		t/año	13. ¿Cuál es la cantidad de productos de PET manufacturados e intermedios que exporta anualmente?			%

14. ¿Cuál es la cantidad de residuos de PET que importa anualmente?		t/año	15. ¿Cuál es la cantidad de residuos de PET que exporta anualmente?		%
IV. Respecto al reciclaje de PET					
16. ¿Qué cantidad de residuos de PET recicla?		t/año	17. ¿Qué porcentaje del total de residuos de PET generados a nivel nacional es realizada por su organización?		%
18. ¿Cuáles son los requisitos que le solicita a sus proveedores de residuos?					
19. ¿Cuáles son las razones para rechazar un residuo? ¿En promedio cual es el porcentaje de rechazo de los residuos que le son ofertados?					
20. ¿Cuál es el precio de compra de los residuos? ¿Existen precios diferenciados por calidad o cantidad? Por favor, precisar y brindar datos de ser posible.					
21. ¿Realiza acciones para mejorar el desempeño de sus proveedores de residuos? Por favor, brinde detalle.					
22. ¿Estarían dispuestos a recibir residuos de PET cristal o transparente de envases y/o embalajes distintos de las botellas de PET? ¿Qué condiciones deberían cumplir?					
23. ¿Existen proveedores con los que no trabajan? ¿Por qué? ¿Cuáles son?					
V. Respecto a las condiciones habilitantes para la promoción del reciclaje					
24. ¿Cuáles son las condiciones necesarias para el reciclaje del plástico en el país? ¿Cuál es el rol que debe desempeñar el Estado?					
25. ¿Cuál es el impacto de la informalidad en el reciclaje del plástico en el país? ¿Tiene alguna sugerencia para abordarla?					
26. ¿Qué características debe tener un centro de acopio para facilitar la cadena de valor del reciclaje?					
27. ¿Cuál es el rol de los recicladores en el reciclaje del plástico y cuál sería la mejor estrategia de incluirlos en la cadena de valor del reciclaje del plástico?					
28. La investigación busca analizar los flujos del reciclaje a través del seguimiento y sistematización de las cadenas de valor significativas de reciclaje de plástico ¿Se encuentra interesado en que su cadena de valor sea estudiada?					
	SI	()		NO	()

Anexo 3. Cuestionario a actores clave

I. Datos generales	
Nombre de la empresa/ organización	
Datos de la persona que llena el formulario	Nombre
	Cargo
	Correo electrónico
	Número telefónico
II. Respecto a las condiciones habilitantes para la promoción del reciclaje del plástico	
1. Respecto al Estado , ¿Cuáles son las mejoras necesarias para incrementar/ optimizar el reciclaje del plástico en el país?	
2. Respecto al sector privado , ¿Cuáles son las mejoras necesarias necesarias para incrementar/ optimizar el reciclaje del plástico en el país?	
3. Desde la sociedad civil , ¿Cuáles son las mejoras necesarias necesarias para incrementar/ optimizar el reciclaje del plástico en el país?	
4. Respecto a la dinámica actual de los procesos y actores de cadena de valor del reciclaje del plástico ¿Considera que se deberían realizar mejoras? ¿Cuáles?	
5. ¿Considera que los recicladores tienen un rol importante en la cadena de valor del reciclaje del plástico? ¿Por qué? Si su respuesta es afirmativa, ¿Cuál sería la mejor estrategia para incrementar su inclusión en la cadena de valor del reciclaje del plástico?	
6. ¿Cuál es el impacto de la informalidad en el reciclaje del plástico en el país? ¿Tiene alguna sugerencia para abordarla?	
7. Señale si tiene alguna recomendación y/o aporte adicional.	

LISTA DE PARTICIPANTES
 "ACELERANDO EL CAMBIO HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR EN PLÁSTICO"



LUGAR : Hotel Swissotel - Sala Fondue
 FECHA : Jueves 29 de agosto de 2019
 HORA : 08:00 - 10:30 hrs

N°	NOMBRE Y APELLIDOS	INSTITUCIÓN	CARGO	CORREO	FIRMA
1	Rosario Juica Sotelo	Municipalidad de Lima	Programa Recicla Lima	mjuica@municipalimabob.pe	
2	Laura Jurado Vega	Municipalidad de Lima	Jefa de División de Educación Ambiental		
3	Jesús Salazar Nishi	Sociedad Nacional de Industrias	Presidente. Comisión de Economía Circular	plasticos@sni.org.pe	
4	Marilyny López	Sociedad Nacional de Industrias	Secretaría Técnica. Comisión de Economía Circular	plasticos@sni.org.pe	
5	Micaela Rizo Patrón JUNYFER CASTRO	Perú 2021	Gerente General	comunicaciones@peru2021.org	
6	Anna Zucchetti	Periferia	Directora	anna@periferia.pe	
7	Eduardo de la Torre	Ciudad Saludable	Ingeniero		
8	Jaime Dupuy Ortiz de Zevallos	Sociedad de Comercio Exterior del Perú - COMEX	Gerente de Estudios Económicos y Consultoría Empresarial	jdupuy@comexpetu.org.pe	
9	Selene Benavente	OCEANA		sbic@oceana.org	
10	Mary Flor Cesare Coral	Universidad Nacional Agraria La Molina	Profesora Química. Facultad de Ciencias	mcesare@lamolina.edu.pe	
11	Renzo Gomero	Reciclame	Gerente	rgomero@sni.org.pe	

N°	NOMBRE Y APELLIDOS	INSTITUCIÓN	CARGO	CORREO	FIRMA
12	Gabriela Velarde	Reciclame			
13	Thomas Duncan	Cámara de Comercio de Lima	Presidente. Comisión de Sostenibilidad Empresarial	ngamarra@canaralima.org.pe	
14	Nelly Gamarra	Cámara de Comercio de Lima	Asuntos Institucionales		
15	Ian Nightingale Ferrer	Nestlé	Asuntos Corporativos y Comunicación Externa	ian.nightingale@pe.nestle.com	
16	Roxana Miguel	RF Capital	Directora Ejecutiva - Socia Líder en Finanzas - America Latina	roxana.miguel@rfcapital.com.pe	
17	Gloria Valdivia Camacho	Universidad Nacional de Ingeniería	Decana. Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas	gis@uni.edu.pe	
18	ADRIANA VIDALIN Cofim-Gray	Embajada Británica	OFICIAL DE PROYECTOS General	adriana.vidalin@fce.gov.uk	
19	Saul Yabar	IAGESA			
20	Armida Testino	Amalamar	Directora	armidatestino@gmail.com	
21	Eduardo Farah Hayn MARTHA PLAYS	APIPLAST	Presidente	medayz@papiblasperu.com	
22	Pilar Gonzales	APIPLAST	Gerente General	pgonzales@papiblastperu.com	

N°	NOMBRE Y APELLIDOS	INSTITUCIÓN	CARGO	CORREO	FIRMA
23	Cecilia López Muñoz	Ministerio de Producción	Dirección de Normatividad	ce.lopez@produce.gob.pe	
24	Shirley Tito Meza	Ministerio de Producción	Dirección de Gestión Ambiental	st.tito@produce.gob.pe	
25	Daniela Tagle	Reciclape	coordinadora	daniela@reciclape.org	
26	Sandra Tagle	Reciclape	coordinadora	sandra@reciclape.org	
27	Roxana Díaz	Proyecto Plástico / CER			
28	Maricé Salvador	CER	Directora Ejecutiva		
29	Marcos Alegre	Grupo Gea	Presidente		
30	Jhoseline Ruminche	Grupo Gea	Recepción		
31	Melily Arias	Grupo Gea	Ingeniera		
32	Neldo Murillo	CER	Ingeniero		
33	Yitzhak Dextre	CER	Ingeniero		
34	Rosa Acha	Grupo Gea	Economista		

N°	NOMBRE Y APELLIDOS	INSTITUCIÓN	CARGO	CORREO	FIRMA
35	Yoliana Navarro Cueto	Proyecto Plástico / CER	Encuestador	gymial.com yoliana.navarro.mauricio	
36	Dora Alvarez Saizay	Proyecto Plástico / CER	Encuestador	20090404@bomelin.edu.pe	
37	León Luna	Proyecto Plástico / CER	Encuestador	C.LUNA@UNIBO.PE	

Carmen Cruz Causa DIGESA Dirección Ejecutiva
 WILMER LEONARDO CARRERA DIGESA Profesional
 Silvana Castro Coca Cda Equipo Exhibición
 Peggy Luula Carhuallangui Proyecto Plástico/CER Encuestador

32
33

Anexo 5. Estadísticas descriptivas de las variables

	QPLASTICO	QPET	K	LPLASTICO	LPET	FORMALIDAD
Mean	18.12402	7.110182	2.290909	564.0471	117.3131	0.181818
Median	2.700000	1.000000	1.000000	248.4000	73.60000	0.000000
Maximum	385.0000	250.0000	26.00000	4788.000	923.5385	1.000000
Minimum	0.150000	0.000000	1.000000	0.432000	0.000000	0.000000
Std. Dev.	56.34262	34.27765	4.117140	915.1291	152.9667	0.389249
Skewness	5.436717	6.705229	4.483384	3.264277	3.140056	1.649916
Kurtosis	34.54334	47.64460	23.92904	14.24789	15.64701	3.722222
Jarque-Bera	2551.115	4979.748	1188.063	387.6060	456.9278	26.14905
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002
Sum	996.8210	391.0600	126.0000	31022.59	6452.220	10.00000
Sum Sq. Dev.	171422.5	63447.70	915.3455	45222910	1263536.	8.181818
Observations	55	55	55	55	55	55

Anexo 6. Estadísticas descriptivas de las variables expresadas de manera logarítmica

	LQPLASTICO	LQPET	LK	LLPLASTICO	LLPET	FORMALIDAD
Mean	1.103982	0.044879	0.296122	5.258234	4.199131	0.176471
Median	0.916291	0.000000	0.000000	5.375278	4.452343	0.000000
Maximum	5.953243	5.521461	3.258097	8.473868	6.828212	1.000000
Minimum	-1.897120	-2.995732	0.000000	-0.839330	-1.532477	0.000000
Std. Dev.	1.744364	1.565929	0.710220	1.549083	1.399596	0.385013
Skewness	0.530457	0.897586	2.814470	-1.322725	-1.567691	1.697337
Kurtosis	3.258691	4.975439	10.56747	6.833155	7.457139	3.880952
Jarque-Bera	2.533972	15.14063	189.0220	46.09439	63.10550	26.13726
Probability	0.281679	0.000516	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002
Sum	56.30311	2.288846	15.10222	268.1699	214.1557	9.000000
Sum Sq. Dev.	152.1404	122.6067	25.22061	119.9829	97.94343	7.411765
Observations	51	51	51	51	51	51

Anexo 7. Resultados de la estimación de los modelos de la función de producción de los residuos de plástico

FP_Lineal1

Dependent Variable: QPLASTICO
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 04:17
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	1.616285	0.768864	2.102172	0.0355
LPLASTICO	0.003987	0.000600	6.648181	0.0000
K	-0.551961	0.544746	-1.013245	0.3109
FORMALIDAD	-1.527649	1.407045	-1.085715	0.2776
LPLASTICO*FORMALIDAD	-0.027632	0.000920	-30.04960	0.0000
K*FORMALIDAD	16.05580	0.557698	28.78944	0.0000

Robust Statistics

R-squared	0.223442	Adjusted R-squared	0.144202
Rw-squared	0.998999	Adjust Rw-squared	0.998999
Akaike info criterion	112.4782	Schwarz criterion	128.2769
Deviance	522.1912	Scale	2.238270
Rn-squared statistic	24506.17	Prob(Rn-squared stat.)	0.000000

Non-robust Statistics

Mean dependent var	18.12402	S.D. dependent var	56.34262
S.E. of regression	12.50585	Sum squared resid	7663.420

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FP_Lineal2

Dependent Variable: QPLASTICO
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 04:18
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.765616	0.403133	1.899165	0.0575
LPLASTICO	0.003893	0.000512	7.606792	0.0000
LPLASTICO*FORMALIDAD	-0.027639	0.000772	-35.81930	0.0000
K*FORMALIDAD	15.48033	0.103994	148.8586	0.0000
Robust Statistics				
R-squared	0.173023	Adjusted R-squared	0.124378	
Rw-squared	0.999241	Adjust Rw-squared	0.999241	
Akaike info criterion	128.5090	Schwarz criterion	137.6424	
Deviance	394.3638	Scale	1.800771	
Rn-squared statistic	28494.22	Prob(Rn-squared stat.)	0.000000	
Non-robust Statistics				
Mean dependent var	18.12402	S.D. dependent var	56.34262	
S.E. of regression	12.33377	Sum squared resid	7758.220	

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FP_LogLog1

Dependent Variable: L_QPLASTICO
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 04:19
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.610535	0.732489	-0.833508	0.4046
L K	0.402244	0.577704	0.696281	0.4863
L_LPLASTICO	0.244915	0.136495	1.794321	0.0728
FORMALIDAD	1.348230	2.739195	0.492199	0.6226
L_K*FORMALIDAD	0.742972	0.765473	0.970605	0.3317
L LPLASTICO*FORMALIDAD	-0.087574	0.488713	-0.179194	0.8578
Robust Statistics				
R-squared	0.399131	Adjusted R-squared	0.337818	
Rw-squared	0.531235	Adjust Rw-squared	0.531235	
Akaike info criterion	59.04017	Schwarz criterion	72.98953	
Deviance	76.48339	Scale	1.250049	
Rn-squared statistic	38.80529	Prob(Rn-squared stat.)	0.000000	
Non-robust Statistics				
Mean dependent var	1.157834	S.D. dependent var	1.756880	
S.E. of regression	1.323234	Sum squared resid	85.79650	

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FP_LogLog2

Dependent Variable: L_QPLASTICO
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 04:14
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.698344	0.726451	-0.961310	0.3364
L_LPLASTICO	0.267841	0.135098	1.982569	0.0474
L K	1.253107	0.291501	4.298803	0.0000

Robust Statistics

R-squared	0.344676	Adjusted R-squared	0.319471
Rw-squared	0.477064	Adjust Rw-squared	0.477064
Akaike info criterion	55.28370	Schwarz criterion	62.00983
Deviance	85.30155	Scale	1.306310
Rn-squared statistic	33.77196	Prob(Rn-squared stat.)	0.000000

Non-robust Statistics

Mean dependent var	1.157834	S.D. dependent var	1.756880
S.E. of regression	1.350996	Sum squared resid	94.90986

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FP_LogLog3

Dependent Variable: L_QPLASTICO
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 06:40
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.507095	0.700936	-0.723454	0.4694
L_LPLASTICO	0.255504	0.128282	1.991744	0.0464
L K*FORMALIDAD	1.371453	0.293509	4.672611	0.0000

Robust Statistics

R-squared	0.368342	Adjusted R-squared	0.344048
Rw-squared	0.511318	Adjust Rw-squared	0.511318
Akaike info criterion	59.24685	Schwarz criterion	65.76870
Deviance	79.10864	Scale	1.213210
Rn-squared statistic	36.80965	Prob(Rn-squared stat.)	0.000000

Non-robust Statistics

Mean dependent var	1.157834	S.D. dependent var	1.756880
S.E. of regression	1.315263	Sum squared resid	89.95565

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FP_LogLog4

Dependent Variable: L_QPLASTICO
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 04:13
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.661274	0.711502	-0.929405	0.3527
L_LPLASTICO	0.239685	0.132689	1.806360	0.0709
L_K	0.900354	0.331831	2.713293	0.0067
FORMALIDAD	1.193214	0.607564	1.963931	0.0495

Robust Statistics

R-squared	0.372437	Adjusted R-squared	0.335522
Rw-squared	0.527289	Adjust Rw-squared	0.527289
Akaike info criterion	64.17852	Schwarz criterion	72.37492
Deviance	76.91250	Scale	1.168338
Rn-squared statistic	37.64404	Prob(Rn-squared stat.)	0.000000

Non-robust Statistics

Mean dependent var	1.157834	S.D. dependent var	1.756880
S.E. of regression	1.309502	Sum squared resid	87.45453

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FP_LogLog5

Dependent Variable: L_QPLASTICO
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 07:13
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.551375	0.228126	2.416975	0.0157
L_LPLASTICO*FORMALIDAD	0.239091	0.105892	2.257874	0.0240
L K	0.907508	0.359655	2.523272	0.0116

Robust Statistics

R-squared	0.313575	Adjusted R-squared	0.287174
Rw-squared	0.516776	Adjust Rw-squared	0.516776
Akaike info criterion	77.38608	Schwarz criterion	82.39706
Deviance	79.05523	Scale	1.059878
Rn-squared statistic	32.03956	Prob(Rn-squared stat.)	0.000000

Non-robust Statistics

Mean dependent var	1.157834	S.D. dependent var	1.756880
S.E. of regression	1.351368	Sum squared resid	94.96215

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

Anexo 8. Resultados de la estimación de los modelos de la función de producción de los residuos de PET

FPET_Lineal1

Dependent Variable: QPET
 Method: Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 06:50
 Sample: 1 55
 Included observations: 55

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.581697	6.214863	0.254502	0.8002
LPET	0.002855	0.030018	0.095097	0.9246
K	-0.286166	3.469190	-0.082488	0.9346
FORMALIDAD	-29.84713	10.12461	-2.947978	0.0049
LPET*FORMALIDAD	0.067981	0.037161	1.829357	0.0734
K*FORMALIDAD	6.935792	3.551953	1.952670	0.0566
R-squared	0.751208	Mean dependent var		7.110182
Adjusted R-squared	0.725821	S.D. dependent var		34.27765
S.E. of regression	17.94851	Akaike info criterion		8.715560
Sum squared resid	15785.30	Schwarz criterion		8.934542
Log likelihood	-233.6779	Hannan-Quinn criter.		8.800242
F-statistic	29.59028	Durbin-Watson stat		2.218620
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FPET_Lineal2

Dependent Variable: QPET
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 06:48
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.577235	0.199843	2.888440	0.0039
LPET	0.002455	0.001106	2.220816	0.0264
K	0.086559	0.041076	2.107304	0.0351
Robust Statistics				
R-squared	0.031858	Adjusted R-squared		-0.005378
Rw-squared	0.090583	Adjust Rw-squared		0.090583
Akaike info criterion	88.04074	Schwarz criterion		96.46215
Deviance	105.4662	Scale		1.117589
Rn-squared statistic	15.37444	Prob(Rn-squared stat.)		0.000459
Non-robust Statistics				
Mean dependent var	7.110182	S.D. dependent var		34.27765
S.E. of regression	35.00238	Sum squared resid		63708.66

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FPET_Lineal3

Dependent Variable: QPET
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 06:51
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.664604	0.186969	3.554618	0.0004
LPET	0.002341	0.001073	2.180729	0.0292
K*FORMALIDAD	0.105991	0.037821	2.802463	0.0051

Robust Statistics

R-squared	0.044805	Adjusted R-squared	0.008067
Rw-squared	0.124724	Adjust Rw-squared	0.124724
Akaike info criterion	87.65074	Schwarz criterion	96.25753
Deviance	102.4339	Scale	1.102743
Rn-squared statistic	21.48397	Prob(Rn-squared stat.)	0.000022

Non-robust Statistics

Mean dependent var	7.110182	S.D. dependent var	34.27765
S.E. of regression	34.92563	Sum squared resid	63429.57

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FPET_Lineal4

Dependent Variable: QPET
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 07:06
 Sample: 1 55
 Included observations: 55
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.570629	0.174038	3.278753	0.0010
LPET	0.001913	0.000940	2.035709	0.0418
FORMALIDAD	1.004682	0.369346	2.720162	0.0065

Robust Statistics

R-squared	0.053995	Adjusted R-squared	0.017611
Rw-squared	0.190733	Adjust Rw-squared	0.190733
Akaike info criterion	96.72479	Schwarz criterion	105.0738
Deviance	84.67560	Scale	0.953931
Rn-squared statistic	16.68112	Prob(Rn-squared stat.)	0.000239

Non-robust Statistics

Mean dependent var	7.110182	S.D. dependent var	34.27765
S.E. of regression	35.21450	Sum squared resid	64483.17

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FPET_LogLog1

Dependent Variable: L_QPET
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 07:07
 Sample: 1 55
 Included observations: 51
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-1.307706	0.640914	-2.040378	0.0413
L LPET	0.249865	0.148028	1.687963	0.0914
L_K	1.029323	0.291711	3.528568	0.0004

Robust Statistics

R-squared	0.189940	Adjusted R-squared	0.156187
Rw-squared	0.322543	Adjust Rw-squared	0.322543
Akaike info criterion	40.97140	Schwarz criterion	48.41143
Deviance	77.35418	Scale	1.453472
Rn-squared statistic	18.74531	Prob(Rn-squared stat.)	0.000085

Non-robust Statistics

Mean dependent var	0.044879	S.D. dependent var	1.565929
S.E. of regression	1.314895	Sum squared resid	82.98958

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FPET_LogLog2

Dependent Variable: L_QPET
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 07:09
 Sample: 1 55
 Included observations: 51
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.899622	0.681895	-1.319298	0.1871
L_LPET*FORMALIDAD	0.618791	0.486300	1.272446	0.2032
L_K*FORMALIDAD	0.387507	0.845707	0.458205	0.6468
L_LPET	0.143687	0.156167	0.920084	0.3575
L_K	0.245515	0.725985	0.338181	0.7352
FORMALIDAD	-1.890089	2.196506	-0.860498	0.3895

Robust Statistics

R-squared	0.239613	Adjusted R-squared	0.155125
Rw-squared	0.410896	Adjust Rw-squared	0.410896
Akaike info criterion	49.73663	Schwarz criterion	63.96896
Deviance	68.83542	Scale	1.305670
Rn-squared statistic	24.03626	Prob(Rn-squared stat.)	0.000214

Non-robust Statistics

Mean dependent var	0.044879	S.D. dependent var	1.565929
S.E. of regression	1.293177	Sum squared resid	75.25376

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FPET_LogLog3

Dependent Variable: L_QPET
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 06:37
 Sample: 1 55
 Included observations: 51
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-1.058972	0.632029	-1.675512	0.0938
L_K*FORMALIDAD	1.180774	0.299942	3.936671	0.0001
L_LPET	0.209164	0.146321	1.429488	0.1529

Robust Statistics

R-squared	0.215657	Adjusted R-squared	0.182976
Rw-squared	0.359380	Adjust Rw-squared	0.359380
Akaike info criterion	40.30820	Schwarz criterion	47.85365
Deviance	74.51399	Scale	1.437530
Rn-squared statistic	22.14730	Prob(Rn-squared stat.)	0.000016

Non-robust Statistics

Mean dependent var	0.044879	S.D. dependent var	1.565929
S.E. of regression	1.291968	Sum squared resid	80.12070

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

FPET_LogLog4

Dependent Variable: L_QPET
 Method: Robust Least Squares
 Date: 12/01/19 Time: 07:10
 Sample: 1 55
 Included observations: 51
 Method: M-estimation
 M settings: weight=Bisquare, tuning=4.685, scale=MAD (median centered)
 Huber Type I Standard Errors & Covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.397858	0.210924	-1.886268	0.0593
L LPET*FORMALIDAD	0.280602	0.127924	2.193503	0.0283
L_K	0.655576	0.347052	1.888983	0.0589

Robust Statistics

R-squared	0.248401	Adjusted R-squared	0.217084
Rw-squared	0.345550	Adjust Rw-squared	0.345550
Akaike info criterion	29.51100	Schwarz criterion	38.24133
Deviance	76.55554	Scale	1.701412
Rn-squared statistic	22.41495	Prob(Rn-squared stat.)	0.000014

Non-robust Statistics

Mean dependent var	0.044879	S.D. dependent var	1.565929
S.E. of regression	1.299423	Sum squared resid	81.04799

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews10.

En el Perú, el reciclaje formal de residuos sólidos tiene tasas relativamente bajas limitando la posibilidad de incluir un mayor porcentaje de material reciclado en la fabricación de envases y nuevos productos en general. Al mismo tiempo, el reciclaje informal del plástico es fuente de contaminación ambiental y riesgos para la salud de las personas. Grupo GEA en alianza con RECÍCLAME y apoyo del Gobierno Británico (Foreign & Commonwealth Office), presenta los resultados sobre el estudio sobre el reciclaje del plástico en Lima y Callao, el mismo que comprende, el diagnóstico y análisis de las cadenas de reciclaje formal e informal y contiene una propuesta para optimizar el reciclaje del plástico con un enfoque de economía circular en Lima y Callao.

Acelerando el cambio hacia una **Economía Circular en Plástico en Lima Metropolitana y el Callao**

