

IDENTIFICACIÓN DE DISTRITOS POTENCIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SINERGIAS INDUSTRIALES APLICABLES A MIPYMES MANUFACTURERAS DE LIMA METROPOLITANA*

ALDAIR EDISON PRADA ALVAREZ**

<https://orcid.org/0000-0001-9574-7374>

Universidad Nacional del Callao, Facultad y Escuela Profesional de Ingeniería
Ambiental y de Recursos Naturales, Lima, Perú

Recibido: 13 de mayo del 2023 / Aceptado: 8 de septiembre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6484>

RESUMEN. Las sinergias industriales son prácticas diseñadas para optimizar el manejo de recursos mediante el uso de residuos sólidos y material de descarte, como materias primas, para promover un ciclo sostenible y continuo en la producción y consumo industrial. El diseño metodológico de esta investigación comprende un análisis documental con un enfoque cualitativo y de alcance descriptivo, con el objetivo de identificar los distritos en Lima Metropolitana con potencialidad de implementar sinergias industriales (SI) aplicables en mipymes manufactureras. Los resultados señalan que el grupo industrial de fabricación de productos textiles es el grupo con mayor cantidad de mipymes manufactureras. Asimismo, los distritos de Lima Metropolitana con mayor potencialidad para implementar SI son San Juan de Lurigancho, Ate, Santiago de Surco y San Martín de Porres. Estos resultados permiten una comprensión de las oportunidades y desafíos para la transición hacia una economía circular en el sector industrial, lo que proporciona una base para futuras propuestas y acciones estratégicas sectoriales.

PALABRAS CLAVE: sinergias industriales / economía circular / materiales / residuos industriales / industria manufacturera

* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

** Autor corresponsal.

Correo electrónico: aepradaa@unac.edu.pe

IDENTIFICATION OF POTENTIAL DISTRICTS FOR THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRIAL SYNERGIES APPLICABLE TO MANUFACTURING MSMEs FROM LIMA METROPOLITAN AREA

ABSTRACT. Industrial synergies (ISs) are practices designed to optimize the use of resources by employing solid waste and discarded material, such as raw materials, thus promoting a sustainable and continuous cycle in industrial production and consumption. The methodology of this research included a documentary analysis with a qualitative approach and descriptive scope aimed at identifying potential districts in Lima Metropolitan Area for implementing ISs applicable to manufacturing micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs). The results indicate that the textiles and apparel industry group is the one with the largest number of manufacturing MSMEs. Furthermore, the districts of Lima Metropolitan Area with the greatest potential for the implementation of ISs are San Juan de Lurigancho, Ate, Santiago de Surco, and San Martín de Porres. These results allow an understanding of the opportunities and challenges for the transition toward a circular economy in the industrial sector, providing a basis for future proposals and sectoral strategic actions.

KEYWORDS: industrial synergies / circular economy / materials / industrial waste / manufacturing industry

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos seis años, el desarrollo de las actividades económicas ha ocasionado la extracción y utilización de casi la misma cantidad de materiales extraídos y utilizados durante todo el siglo xx. Asimismo, por cada 100 000 toneladas de materiales, solo el 7,2 % se reintegran a los procesos productivos después del final de su vida útil, lo que deja una gran brecha por atender (Circle Economy, 2023).

El desarrollo industrial genera beneficios a la humanidad, tanto a nivel social como económico; sin embargo, también puede ocasionar impactos al ambiente, los cuales se manifiestan a través de la contaminación atmosférica por gases de efecto invernadero, la contaminación de los cuerpos de agua, la contaminación del suelo por el vertimiento de desechos sólidos y líquidos, y el agotamiento de los recursos naturales. A la larga, estos impactos pueden afectar el bienestar y la calidad de vida de la población (Bravo-Calle et al., 2021).

Frente a lo mencionado, la economía circular (EC) se presenta como un modelo económico que implica un cambio de paradigma. Este consiste en dejar de lado el modelo tradicional de extraer, producir y desechar para pasar a un enfoque restaurativo y regenerativo desde el diseño y, a su vez, mantener los materiales el mayor tiempo posible en un ciclo productivo (Fundación Ellen MacArthur, 2017).

Las sinergias industriales (SI) representan un pilar de la economía circular, ya que proponen gestión optimizada de los *stocks* y de los flujos de materiales, energía y servicios, mediante el uso de un residuo o material de descarte como materia prima de otra industria, el uso de infraestructura o servicios compartidos. Esto con la finalidad de contribuir al desarrollo sostenible e impulsar la ecología industrial en las ciudades (Lluís & Martínez, 2023).

Las SI se desarrollan mayormente en los parques industriales, lo que involucra a empresas que operan en diferentes sectores de actividad que participan en transacciones mutuamente beneficiosas, mediante la sustitución de materiales o recursos naturales por insumos procedentes de materiales de descarte o de residuos sólidos (Álvarez & Ruiz-Puente, 2017; Domenech et al., 2019). Asimismo, las empresas que llevan a cabo las SI buscan obtener una ventaja competitiva a través del uso compartido de activos, logística e intercambio de tecnología (Earley, 2015).

En Latinoamérica se ha comenzado a impulsar la economía circular a nivel de políticas e instrumentos normativos. A inicios del año 2021, se creó la Coalición de Economía Circular en América Latina y el Caribe, que tiene como objetivo brindar apoyo a gobiernos y al sector privado, incluso a las mipymes, para que accedan a un financiamiento adecuado con la finalidad de implementar medidas que mejoren la competitividad de estas (Naciones Unidas, 2021).

En el Perú se publicó la "Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industria", la que plantea un conjunto de actividades orientadas a la promoción de la economía circular en todos los grupos industriales manufactureros, tales como la reutilización de material de descarte y residuos industriales, así como incentivar la innovación y la búsqueda de soluciones que den rentabilidad en la aplicación para las mipymes (Decreto Supremo 003-2020-PRODUCE, 2020).

Una forma de llevar a cabo la implementación de la economía circular en el sector industrial es mediante la implementación de parques industriales. Estos consisten en la agrupación de distintas actividades económicas en una zona determinada, previamente evaluada de forma ambiental y social (World Bank Group, 2021)

Un ejemplo de estas zonificaciones industriales es el Parque Industrial de Kalundborg (Dinamarca), que desde 1961 representa un modelo para la implementación de parques industriales, ya que promueve la economía circular, la recuperación de desechos industriales (agua residual, lodos, etcétera), con el fin de generar energía o materia prima para otras actividades y sectores (AIVP, 2020). Por su parte, Liu et al. (2015) analizaron las relaciones simbióticas en las empresas industriales del Grupo Hai Hua (China) e identificaron que existen vínculos simbióticos entre el sistema industrial y el sistema de maricultura. Adicionalmente, se identificaron vínculos simbióticos con las residencias, lo que demostró que estas iniciativas pueden expandirse más allá de solo actividades industriales.

La mayoría de mipymes manufactureras (micro, pequeñas y medianas empresas) no cuentan con la capacidad, recursos ni tiempo para la implementación de SI. Por ello, es necesaria la contribución de diversos actores como las entidades del Estado y la inversión privada, ya que al impulsar la colaboración e innovación, las empresas pueden trabajar juntas para desarrollar nuevos modelos de negocio, tecnologías y productos que promuevan la sostenibilidad y la eficiencia de los recursos (Babkin et al., 2023).

La generación de residuos industriales en el Perú, representada principalmente por las actividades manufacturadas, es de casi 800 000 toneladas al año y viene a ser la segunda actividad económica con la mayor generación de residuos sólidos después del sector vivienda y saneamiento. Cabe resaltar que casi el 50 % de las empresas manufactureras se encuentran en Lima Metropolitana (Ministerio del Ambiente, 2021).

La identificación de las actividades y los sitios con mayor potencial para aplicar SI, donde se puedan aprovechar el mayor tiempo posible los materiales o residuos sólidos generados, permitirá incrementar la tasa de valorización de residuos en el país y generar oportunidades para el desarrollo del entorno que forma parte de la interacción de las SI. Álvarez (2014) propuso la utilización de sistemas de información geográfica para identificar redes de simbiosis industrial entre mipymes de áreas industriales. Esta fue integrada en una base de datos de acceso libre para facilitar la información y

descarga de mapas cartográficos de redes de simbiosis industrial para actores claves en la formulación de estrategias de economía circular en el sector industria.

Asimismo, Abello et al. (2021) trabajaron en la creación de una plataforma de economía circular en Valparaíso (Chile), en la cual se tuvo que identificar primero el potencial de SI entre empresas generadoras y receptoras de residuos sólidos no peligrosos dentro de los siete clústeres industriales planteados a nivel de la región de Valparaíso.

Por otro lado, en España se desarrollaron dos proyectos: TRIS (Transition Region towards Industrial Symbiosis), el cual tiene como objetivo dar a conocer las acciones de simbiosis industrial en el continente europeo; e INSLAY (Industrial Symbiosis Layer at Industrial Zones), el cual tuvo como objetivo el desarrollo de una plataforma colaborativa para la implementación de simbiosis industrial para promover un modelo de producción más eficiente y de menor impacto ambiental (Hurtado Ruiz & Jordá Ferrando, 2018).

El objetivo de la investigación es identificar los distritos en Lima Metropolitana con mayor potencialidad de implementar SI aplicables en mipymes manufactureras, con la finalidad de gestionar y manejar adecuadamente el material de descarte y los residuos sólidos generados en el sector, y evitar perjudicar al ambiente y la salud pública. Asimismo, este trabajo contribuye en la formulación de estrategias de economía circular, así como el desarrollo de plataformas colaborativas para promover las SI que involucren a la mayor cantidad de mipymes del país.

2. METODOLOGÍA

La investigación es de enfoque cualitativo, ya que no se realizarán pruebas empíricas, sino una recolección de información mediante la revisión de documentos, registros y evaluación de experiencias individuales y compartidas (Hernández & Mendoza, 2018). Asimismo, el alcance es descriptivo, ya que para lograr el objetivo de la investigación se debe realizar un diagnóstico de la actividad industrial manufacturera en Lima Metropolitana, así como la revisión bibliográfica sobre SI aplicables en mipymes manufactureras con la finalidad de identificar los distritos potenciales para implementar SI. Para ello, la técnica empleada fue la revisión documentaria, mediante la búsqueda de información en los directorios nacionales de mipymes manufactureras, documentos y estudios de casos sobre implementación de SI.

Las variables del estudio son los distritos potenciales (variable independiente) y las SI (variable dependiente); mientras que la población de estudio está conformada por las mipymes manufactureras de Lima Metropolitana.

El desarrollo metodológico de la investigación comienza con la identificación y clasificación de mipymes manufactureras de Lima Metropolitana en grupos industriales; luego, se realiza la priorización de estos en función de su potencialidad para desarrollar

SI. El siguiente paso es la identificación de SI aplicables a mipymes manufactureras mediante criterios específicos (acondicionamiento o tratamiento previo, número de empresas y ubicación geográfica). A partir de la obtención de la información mencionada, se identifican los distritos con mayor potencialidad de implementar SI, los cuales se representarán en mapas cartográficos realizados por el programa ArcGIS.

2.1 Identificación y clasificación de mipymes en grupos industriales

El Perú cuenta con un directorio de mipymes manufactureras, el cual se actualiza periódicamente. La información que brinda dicha plataforma comprende la razón social de cada empresa, así como su código de Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) y la ubicación a nivel departamental, provincial y distrital (Ministerio de la Producción, 2021). Entonces, el primer paso fue revisar el directorio de mipymes manufactureras para identificar las actividades industriales manufactureras en Lima Metropolitana y clasificarlas posteriormente en agrupaciones industriales en función del CUII.

La conformación de los grupos industriales tomó de referencia al informe del “servicio de apoyo en la implementación de la *Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en el Sector Industria*, a partir de las acciones priorizadas de cumplimiento en el corto y mediano plazo”, donde se presentan doce grupos industriales compuestos a partir de actividades industriales manufactureras de todo el Perú (Deuman, 2022).

Adicionalmente, se generó un grupo industrial (grupo XIII) que comprende actividades de recuperación de materiales, entre las cuales destacan el desmantelamiento y el chatarreo de vehículos, recuperación de materiales metálicos, procesamiento de otros desechos de alimentos —bebidas y tabaco— para convertirlos en materias primas secundarias, procesamiento de desechos de plástico o caucho para convertirlos en gránulos —limpieza, fusión, trituración—, entre otras, con la finalidad de complementar al desarrollo de las SI (Marchi et al., 2017).

Cabe resaltar que no se tomaron en cuenta las actividades relacionadas con el proceso de refinación de petróleo debido a los procesos optimizados en su obtención (Tecnalia, 2017), así como aquellas actividades que no involucran procesos de manufactura y otras actividades de servicios. A continuación, se presenta el listado de los grupos industriales manufactureros en Lima Metropolitana:

- Grupo I: Elaboración de alimentos y bebidas
- Grupo II: Fabricación de productos textiles
- Grupo III: Fabricación de productos de cuero y productos conexos
- Grupo IV: Producción de madera y fabricación de productos de madera
- Grupo V: Fabricación de papel y de productos de papel

- Grupo VI: Fabricación de sustancias y productos químicos
- Grupo VII: Fabricación de productos de caucho y de plástico
- Grupo VIII: Fabricación de otros productos minerales no metálicos
- Grupo IX: Fabricación de metales comunes
- Grupo X: Fabricación de productos de informática y equipos eléctricos
- Grupo XI: Fabricación de maquinaria y equipo n. c. p.
- Grupo XII: Fabricación de muebles, reparación e instalación de maquinaria o equipos y otras industrias manufactureras
- Grupo XIII: Recuperación de materiales

2.2 Priorización de los grupos industriales con mayor potencialidad de implementar sinergias industriales

El impulso de la economía circular en las actividades manufactureras, mediante los cambios de patrones de consumo, permite que los procesos se lleven a cabo de manera sostenible (Kazakova & Lee, 2022). Asimismo, la transición hacia una economía circular comprende la utilización al máximo de los recursos (Gravagnuolo et al., 2019; Morsetto, 2020) —en el caso de las industrias a través del aprovechamiento de residuos industriales y material de descarte, lo cual generaría beneficios económicos para las empresas—, la generación de nuevos modelos de negocio que beneficia a la sociedad y la reducción de la contaminación, el cual beneficia al ambiente (Dantas et al., 2021; Korhonen et al., 2018; Lizárraga-Mendiola et al., 2022).

Algunas investigaciones señalan que existen grupos industriales que potencialmente pueden aprovechar material de descarte y residuos sólidos que otros (véase la Tabla 1).

Tabla 1

Grupos industriales que potencialmente pueden implementar sinergias industriales

Autor	Descripción
Deuman (2022)	<p>Los grupos industriales que potencialmente pueden aprovechar residuos industriales son de lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de alimentos y bebidas • Fabricación de productos textiles • Fabricación de sustancias y productos químicos • Fabricación de productos de caucho y de plástico • Fabricación de otros productos minerales no metálicos • Fabricación de metales comunes

(continúa)

(continuación)

Autor	Descripción
Ríos y Rodríguez (2021)	Los grupos industriales que más emplean residuos como materias primas son de lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de alimentos y bebidas • Fabricación de otros productos minerales no metálicos • Fabricación de productos de caucho y de plástico
Lizárraga-Mendiola et al. (2022)	Los grupos industriales que abarquen actividades que elaboren materiales de construcción y otros minerales no metálicos, ya que pueden aprovechar residuos sólidos tales como, plásticos, vidrio, papel y cartón.
Salmi y Kaipia (2022)	La industria textil posee el mayor potencial de aprovechamiento de materiales de descarte y residuos sólidos.
Gravagnuolo et al. (2019)	Los grupos industriales que potencialmente pueden implementar la economía circular están vinculados a la producción de plástico, textil, alimentos y construcción.

El aprovechamiento de residuos agroindustriales, los cuales se generan en las actividades del grupo I, puede llevarse a cabo en procesos de generación de energía, mediante la utilización de estos como fuente de combustible alternativo. Asimismo, estos pueden ser empleados en compostaje para la obtención de abonos orgánicos, incluso pueden ser insumos para la producción de alimentos para animales (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

Por otro lado, los residuos textiles generados por las actividades del grupo II, específicamente los no peligrosos, poseen un alto potencial de aprovechamiento. Los retazos de tela, por ejemplo, pueden convertirse en materia prima para el diseño y fabricación de nuevos productos o accesorios (Abuchaibe, 2019; Henao, 2015; Salmi & Kaipia, 2022).

En función a las investigaciones mencionadas anteriormente y por las coincidencias de grupos industriales, que abarcan actividades con mayor potencial de implementar SI, se seleccionarán los grupos industriales prioritarios.

2.3 Localización de distritos en Lima Metropolitana con potencialidad de implementar sinergias industriales en mipymes

El tipo de sinergia industrial de esta investigación consiste en la sustitución de materias primas por material de descarte o residuos sólidos. Las mipymes manufactureras de Lima Metropolitana identificadas corresponderán a los grupos industriales priorizados y su aplicabilidad ante las SI (véase la Tabla 2) se evaluará mediante los siguientes criterios:

- *Requerimiento de acondicionamiento o tratamiento previo.* Se tomaron en consideración aquellas sinergias industriales que no requerían acondicionamiento o tratamiento previo.

- *Número de empresas vinculadas (emisoras y receptoras de material).* Se tomaron en cuenta las sinergias industriales que presenten una cantidad considerable de empresas emisoras y receptoras de material de descarte o residuos sólidos.
- *Ubicación geográfica.* Se consideraron aquellas sinergias industriales cuyo distanciamiento entre actividades industriales sea lo más próximo posible (Deuman, 2022).

Tabla 2

Listado de sinergias industriales aplicables a mipymes manufactureras

Sinergia industrial	Descripción	Grupo industrial (salida)	CIU	Grupo industrial (entrada)	CIU	Fuente
Elaboración de productos de molinería	Los restos de masa, galletas y de molienda de trigo provenientes de la industria de fabricación de productos de molinería pueden ser aprovechados como insumo en la elaboración de alimento balanceado para animales.	1	1061	1	1080	Vidales et al. (2004)
Elaboración de piensos para animales						Vargas Corredor y Pérez Pérez (2018)
Elaboración de productos lácteos	El suero lácteo proveniente de la elaboración de queso, generado específicamente durante el proceso de coagulación, puede ser aprovechado como insumo para la elaboración de helados.	1	1050	1	1050	Amezquita et al. (2018)
Elaboración de productos lácteos						Williams Zambrano y Dueñas (2021)
Elaboración de bebidas malteadas y de malta	El bagazo de cerveza, subproducto del filtrado en la industria de elaboración de bebidas malteadas y de malta, puede ser utilizado para la elaboración de piensos en la industria de elaboración de piensos preparados para animales.	1	1103	1	1080	Vargas Corredor y Pérez Pérez (2018)
Elaboración de piensos preparados para animales						Velasco et al. (2017)

(continúa)

(continuación)

Sinergia industrial	Descripción	Grupo industrial (salida)	CIU	Grupo industrial (entrada)	CIU	Fuente
Producción e hilatura de fibras textiles	Los retazos de tela provenientes de la industria de producción de telas denim, específicamente durante el proceso de confección, son aprovechados como tela textil de algodón en la fabricación de nuevos productos textiles como accesorios o algunas prendas menores de vestir.	2	1311	2	1410	Abuchaibe (2019)
Fabricación de productos textiles						Henao (2015)
Preparación e hilatura de fibras textiles	Los restos de cintas de algodón, hilaza, merma de pima, guaipe, rodetes y pabilos provenientes del proceso de hilatura	2	1311	2	1311	Henao (2015)
Preparación e hilatura de fibras textiles	de fibras textiles pueden ser aprovechados para la tejeduría de nuevos productos textiles.					García (2018)
Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel	Los retazos textiles generados durante la fabricación de prendas de vestir pueden ser empleados mediante reciclaje secundario para la elaboración de nuevas fibras, actividad que corresponde a la industria de preparación e hilatura de fibras textiles.	2	1410	2	1311	Pascual y Mosquera (2022)
Preparación e hilatura de fibras textiles	Gómez Gómez et al. (2019)					
Elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas	Las botellas de plástico PET, subproductos de la elaboración de bebidas no alcohólicas, pueden ser aprovechadas para la extracción de fibras de poliéster. Estas fibras, permiten el reemplazo del plástico PET en la	1	1104	7	2220	Bolaños (2019)
Fabricación de productos de plástico	elaboración de artículos de plástico intermedios o finales como pellets, frazadas y láminas.					López (2016)

Identificación de distritos potenciales para la implementación de sinergias industriales

(continuación)

Sinergia industrial	Descripción	Grupo industrial (salida)	CIU	Grupo industrial (entrada)	CIU	Fuente
Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas	Los residuos agroindustriales generados en los procesos de manipulación o limpieza de la industria de elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas pueden ser aprovechados como fibra vegetal para la producción de fibrocemento, parte de la industria de fabricación de artículos de asbesto-cemento, fibrocemento de celulosa y materiales similares.	1	1030	8	2395	Castillo Piscoya et al. (2021)
Fabricación de artículos de asbesto-cemento, fibrocemento de celulosa y materiales similares						Gamarra (2016)
Elaboración de vinos	Los envases de vidrio descartados provenientes de la industria de elaboración de vinos, específicamente de la etapa de embotellado de vinos, pueden ser aprovechados como materia prima para la fabricación de vidrio nuevo.	1	1102	8	2310	Carrasco (2019)
Fabricación de vidrio y productos de vidrio						
Fabricación de muebles	El aserrín de madera proveniente de la industria de fabricación de muebles, específicamente de la etapa de aserrado, se emplea como reemplazo parcial de la arena en la producción de concreto, actividad que corresponde a la industria de fabricación de artículos de hormigón y yeso.	12	3100	8	2395	Bresciani et al. (2019)
Fabricación de artículos de hormigón y yeso						Huirma Barriales (2021)

Nota. Adaptado de "Servicio de apoyo en la implementación de la *Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en el Sector Industria*, a partir de las acciones priorizadas de cumplimiento en el corto y mediano plazo. Informe final" por Deuman, 2022, Ministerio de Ambiente, Unión Europea.

Las actividades industriales de preparación e hilatura de fibras textiles (CIU: 1311) y tejeduría de productos textiles (CIU: 1312), por lo general, se desarrollan en conjunto en una misma organización, como actividades principales o secundarias. Sin embargo, las organizaciones identificadas en Lima Metropolitana poseen como actividad principal a la actividad con CIU 1311 y como actividad secundaria a la actividad con CIU 1312. Por lo tanto, se considerará a la actividad con CIU 1311 en la identificación de distritos potenciales para la implementación de acciones de circularidad.

La identificación y representación cartográfica de los distritos potenciales se realizará mediante sistemas de información geográfica (SIG), para ello se considerarán aquellos distritos que albergan las mipymes involucradas en la mayor cantidad de SI, las cuales se mencionaron en la Tabla 2. Adicionalmente, se identificaron las infraestructuras de valorización de residuos sólidos no municipales existentes en Lima Metropolitana con la finalidad de complementar a las SI (Marchi et al., 2017).

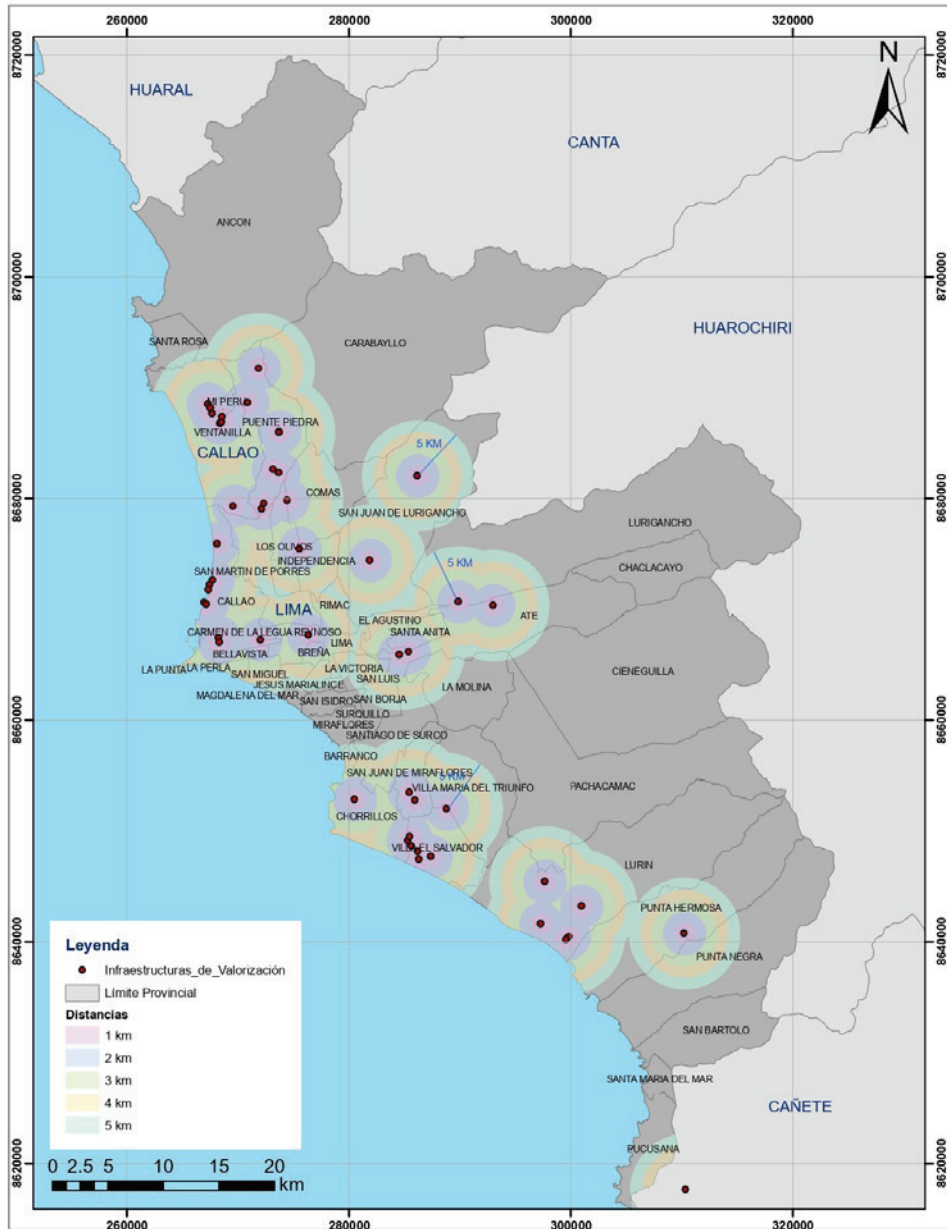
2.4 Infraestructuras complementarias para el desarrollo de sinergias industriales

Las grandes industrias manufactureras, infraestructuras de recuperación de materiales, así como infraestructuras de comercialización o valorización de residuos sólidos, también forman parte de las redes de sinergia industrial en una región (Álvarez & Ruiz-Puente, 2017).

En esta investigación se tomaron en cuenta a las infraestructuras de valorización de residuos sólidos no municipales, como complemento para las SI. En la Figura 1 se puede apreciar la conformación de las infraestructuras de valorización de residuos sólidos del ámbito no municipal en el departamento de Lima, que fue tomada del Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos (Resolución Directoral 00007-2023-OEFA/DSIS, 2023).

Figura 1

Infraestructuras de valorización en el departamento de Lima



Nota. Adaptado de "Resolución Directoral N.º 00007-2023-OEFA/DSIS" por Ministerio de Ambiente, 2023.

Según el mapa de infraestructuras de valorización de residuos sólidos (IFRS) se puede identificar que la mayoría de los distritos potenciales se encuentran dentro de la cobertura (un máximo de cinco kilómetros) de cada infraestructura identificada; sin embargo, existen algunos distritos de Lima Metropolitana que no se encuentran totalmente dentro de la cobertura de las IFRS, los cuales son Miraflores, Pachacámac, Chaclacayo, La Molina y Santiago de Surco.

Es clave resaltar la distancia hacia las IFRS, ya que incide en el costo del transporte y otros vinculados a la logística de materiales. En su mayoría, las mipymes no valorizan sus residuos sólidos debido al costo de transporte y el posterior tratamiento que implica dicho proceso, lo que no solo se convierte en un problema para el ambiente, sino también para la salud pública. Asimismo, otro problema identificado es la falta de adopción de tecnologías e innovación de productos y procesos (Marchi et al., 2017).

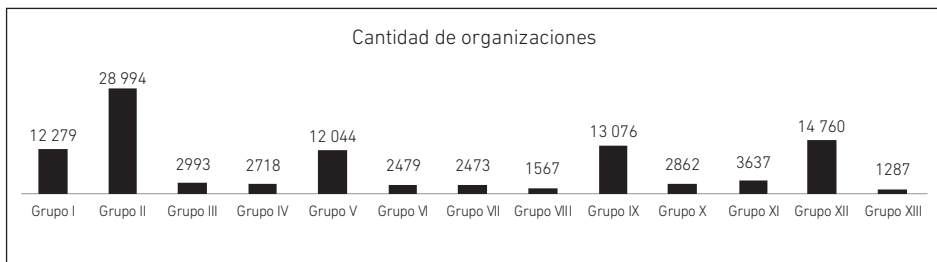
3. RESULTADOS

3.1 Identificación y clasificación de mipymes en grupos industriales

Se cuantificó la cantidad de mipymes manufactureras en Lima Metropolitana por cada grupo industrial, de las cuales resultó que en cinco grupos industriales se contabilizaron más de diez mil organizaciones. Asimismo, el grupo II fue el más predominante con 28 994 organizaciones, seguido del grupo XII con 14 760 organizaciones, el grupo IX con 13 076 organizaciones, el grupo I con 12 279 con organizaciones y el grupo V con 12 044 organizaciones (véase la Figura 2).

Figura 2

Cantidad de mipymes manufactureras por grupo industrial en Lima Metropolitana



Nota. De "Directorio de mipymes" por Ministerio de Producción, 2021.

3.2 Priorización de los grupos industriales con mayor potencialidad de implementar sinergias industriales

La revisión bibliográfica de investigaciones sobre actividades industriales con mayor potencialidad de sustituir materia prima por material de descarte o residuo industrial, resultó en la obtención de cuatro grupos industriales prioritarios, los cuales son los siguientes:

- Grupo I: Elaboración de alimentos, bebidas y tabaco
- Grupo II: Fabricación de productos textiles, prendas de vestir
- Grupo VII: Fabricación de productos de caucho y de plástico
- Grupo VIII: Fabricación de otros productos minerales no metálicos

De estos se describieron las acciones de circularidad, las que involucran actividades industriales de los grupos mencionados, con la finalidad de aprovechar el material de descarte o residuos sólidos generados.

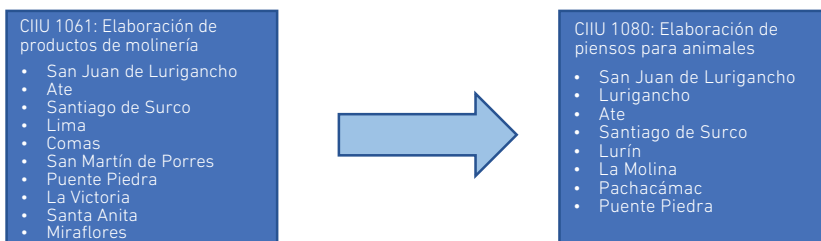
3.3 Localización de distritos en Lima Metropolitana con potencialidad de implementar sinergias industriales en mipymes

Los distritos que potencialmente pueden implementar SI fueron identificados a partir de la información de las SI identificadas en la Tabla 2 y los datos de ubicación (departamento, provincia y distrito) del directorio de mipymes manufactureras. El resultado de dicho análisis se puede apreciar en las Figura 3, la cual muestra las actividades industriales emisoras (lado izquierdo) y las actividades industriales receptoras (lado derecho).

Figura 3

Distritos de Lima Metropolitana con potencialidad de implementar sinergias industriales aplicables a mipymes manufactureras

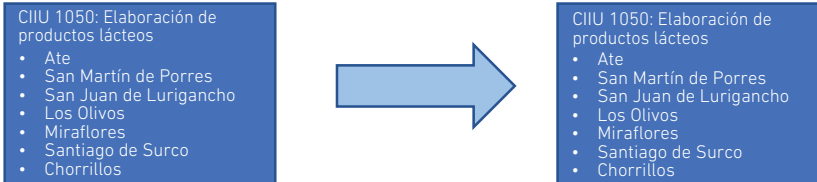
Acción de circularidad 1. Los restos de masa, galletas y de molienda de trigo provenientes de la industria de fabricación de productos de molinería pueden ser aprovechados como insumo en la elaboración de alimento balanceado para animales.



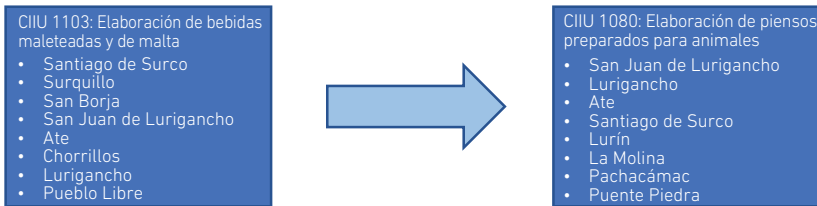
(continúa)

(continuación)

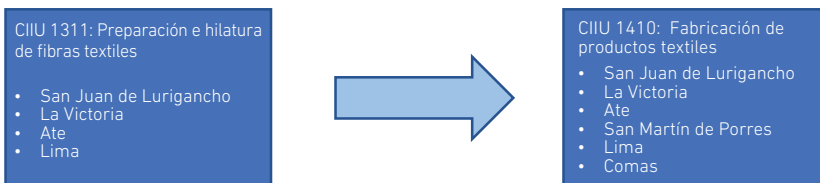
Acción de circularidad 2. El suero lácteo proveniente de la elaboración de queso, generado específicamente durante el proceso de coagulación, puede ser aprovechado como insumo para la elaboración de helados.



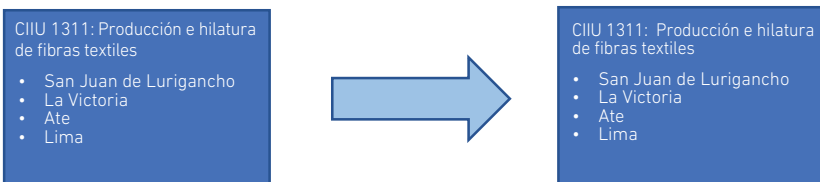
Acción de circularidad 3. El bagazo de cerveza, subproducto del filtrado en la industria de elaboración de bebidas malteadas y de malta, puede ser utilizado para la elaboración de piensos en la industria de elaboración de piensos preparados para animales.



Acción de circularidad 4. Los retazos de tela provenientes de la industria de producción de telas denim, específicamente durante el proceso de confección, son aprovechados como tela textil de algodón en la fabricación de nuevos productos textiles como accesorios o algunas prendas menores de vestir.



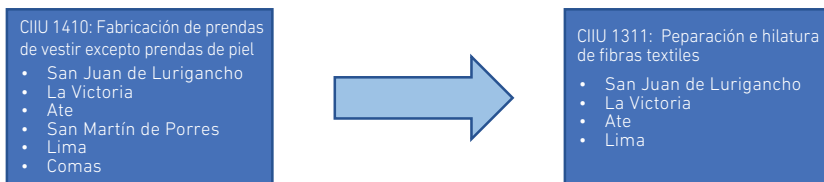
Acción de circularidad 5. Los restos de cintas de algodón, hilaza, merma de pima, guaipe, rodetes y pabilos provenientes del proceso de hilatura de fibras textiles pueden ser aprovechados para la tejeduría de nuevos productos textiles.



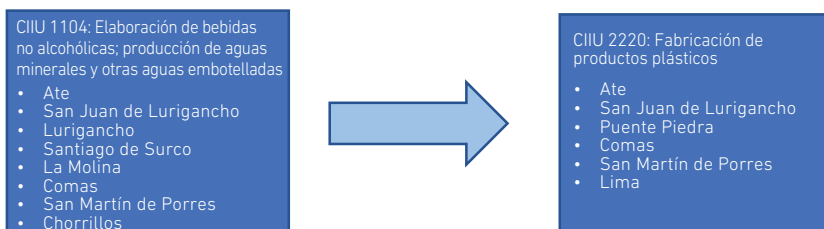
(continúa)

(continuación)

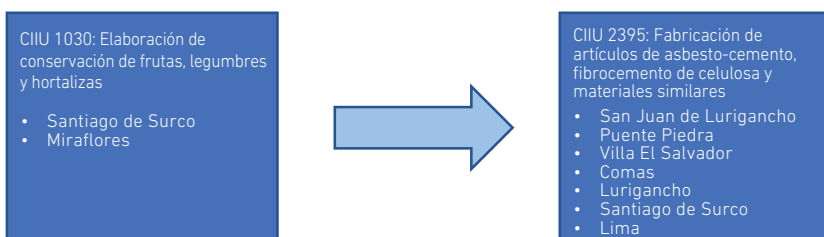
Acción de circularidad 6. Los retazos textiles generados durante la fabricación de prendas de vestir pueden ser empleados mediante reciclaje secundario para la elaboración de nuevas fibras, actividad que corresponde a la industria de preparación e hilatura de fibras textiles.



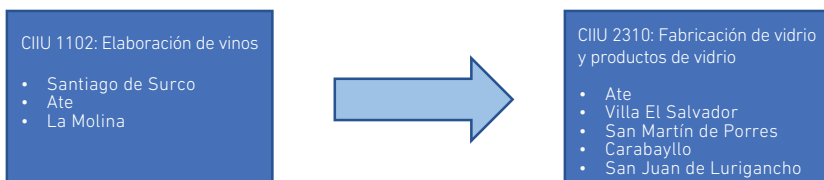
Acción de circularidad 7. Las botellas de plástico PET, subproductos de la elaboración de bebidas no alcohólicas, pueden ser aprovechadas para la extracción de fibras de poliéster. Estas fibras, permiten el reemplazo del plástico PET en la elaboración de artículos de plástico intermedios o finales como pellets, frazadas y láminas.



Acción de circularidad 8. Los residuos agroindustriales generados en los procesos de manipulación o limpieza de la industria de elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas pueden ser aprovechados como fibra vegetal para la producción de fibrocemento, parte de la industria de fabricación de artículos de asbesto-cemento, fibrocemento de celulosa y materiales similares.



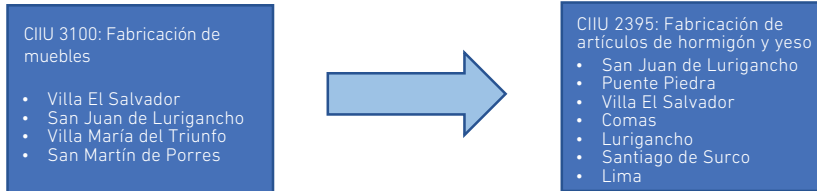
Acción de circularidad 9. Los envases de vidrio descartados provenientes de la industria de elaboración de vinos, específicamente de la etapa de embotellado de vinos, pueden ser aprovechados como materia prima para la fabricación de vidrio nuevo.



(continúa)

(continuación)

Acción de circularidad 10. El aserrín de madera proveniente de la industria de fabricación de muebles, específicamente de la etapa de aserrado, se emplea como reemplazo parcial de la arena en la producción de concreto, actividad que corresponde a la industria de fabricación de artículos de hormigón y yeso.



Los distritos con mayor participación como emisores de material de descarte o residuos son San Juan de Lurigancho (ocho actividades industriales), Ate (ocho actividades industriales), Santiago de Surco (seis actividades industriales) y San Martín de Porres (cinco actividades industriales).

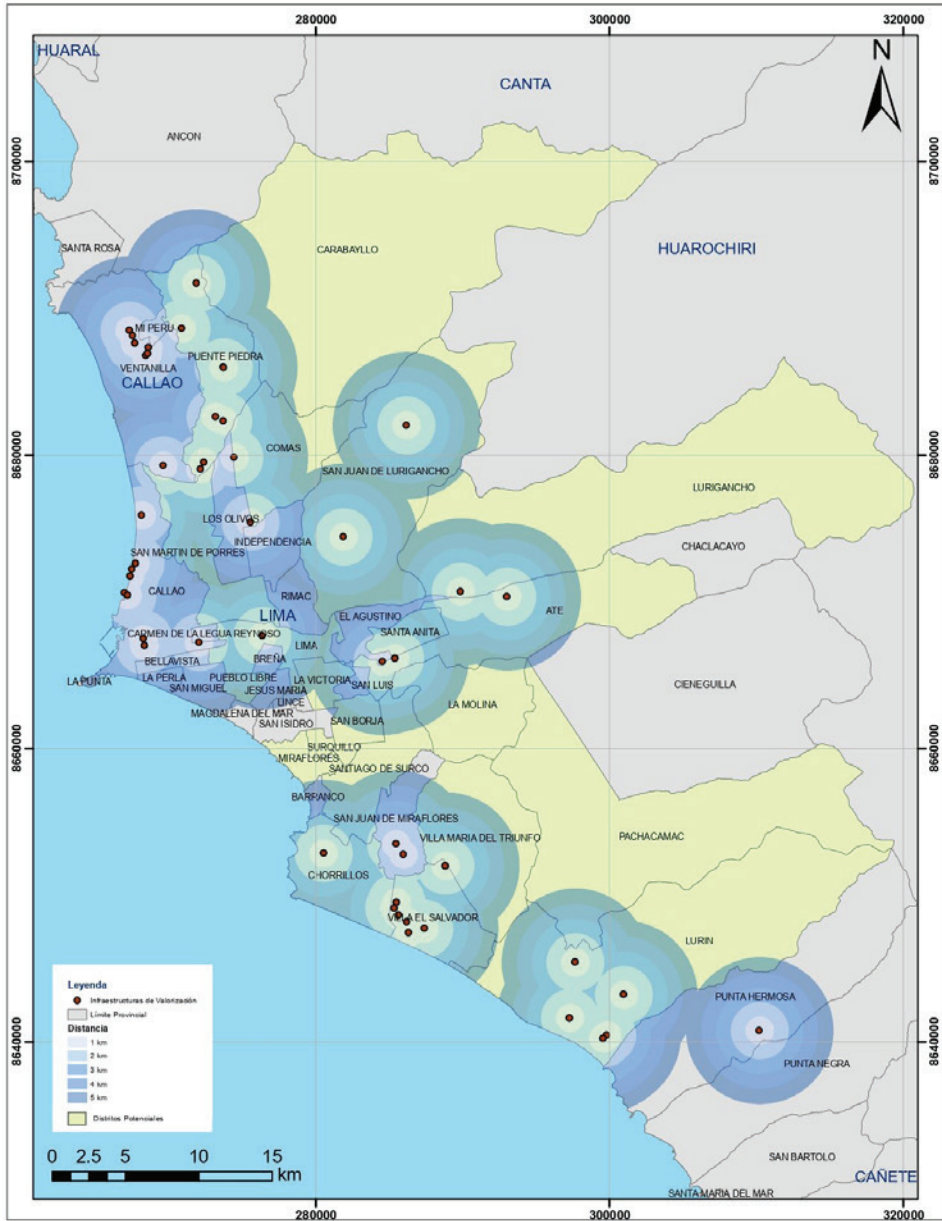
Por otro lado, los distritos con mayor participación como receptores de material de descarte o residuos son San Juan de Lurigancho (diez actividades industriales), Ate (ocho actividades industriales), Santiago de Surco (cinco actividades industriales) y San Martín de Porres (cuatro actividades industriales).

3.4 Representación cartográfica de los distritos de Lima Metropolitana con potencialidad de implementar sinergias industriales

La identificación de SI aplicables a mipymes de los grupos industriales priorizados, en conjunto con la identificación de empresas mipymes manufactureras y las infraestructuras de valorización de residuos sólidos no municipales, permitió elaborar el mapa de distritos de Lima Metropolitana con potencialidad de implementar SI (véase la Figura 4).

Figura 4

Mapa de distritos de Lima Metropolitana con potencialidad de implementar sinergias industriales



Beneficios para las mipymes manufactureras de implementar sinergias industriales

Los resultados de la investigación benefician al desarrollo de la actividad industrial manufacturera en Lima Metropolitana, ya que permite conocer la proximidad geográfica entre distritos para el desarrollo de SI (Lieder & Rashid, 2016). Asimismo, la aplicación de SI en las actividades manufactureras de los grupos industriales priorizados genera beneficios económicos, los cuales representan ahorros en costos de materiales en la producción y reducción de emisiones de dióxido de carbono (Rutgers & Coykendall, 2021). Entonces, el desarrollo de SI en las mipymes manufactureras es una forma de adoptar el enfoque de producción basado en una economía circular, ya que orienta su actividad productiva hacia la sostenibilidad en todos los niveles de la cadena y se complementa con los principios de responsabilidad extendida del productor y responsabilidad compartida (Kazakova & Lee, 2022).

En Perú ya existen algunas iniciativas con enfoque circular emprendidas por mipymes manufactureras, las cuales emplean material de descarte o residuos sólidos como sustitutos de materia prima, tal es el caso de la empresa Away Pasión y Calidad que. A raíz de la pandemia, tuvo que cambiar su modelo de producción hacia uno más sostenible. Es así como esta empresa decide innovar sus procesos mediante el uso del fieltro —que es la fibra de alpaca no comercial y que en su mayoría es considerado una merma textil— en la elaboración de diversos tejidos artesanales (prendas de vestir, sombreros y accesorios), lo que permite, de este modo, el desarrollo de negocios de transformación de fibras (Instituto Tecnológico de la Producción [ITP], 2021).

Otra iniciativa es el empleo de residuos sólidos en la elaboración de abonos orgánicos, mediante procesos de compostaje o de digestión anaerobia. En Arequipa, se encuentra la empresa de abonos ecológicos El Grifo Dorado, cuyo producto (fertilizante orgánico) no solo es beneficioso para las propiedades del suelo, sino también es un producto competitivo, ya que es 30 % menos costoso que los fertilizantes inorgánicos (Hanco, 2021).

Barreras para el desarrollo de sinergias industriales en mipymes

Las barreras que impiden la adopción de la economía circular en las mipymes son mayormente de conocimiento e investigaciones sobre innovación en el diseño, tecnológicas, culturales —reflejadas en la falta de interés de los empresarios por adoptar la economía circular en los procesos industriales—, financieras, estratégicas, de mercado y regulatorias (Kirchherr et al., 2018; Mishra et al., 2022). Asimismo, existen empresas manufactureras que persisten en emplear un enfoque lineal en sus procesos, debido a que perciben el camino para lograr la transición hacia la economía circular como un proceso complejo (Da Costa Pimenta, 2022),

La débil legislación en la implementación de estrategias de economía circular, la cual comprende también a las SI, impide que las mipymes manufactureras se desempeñen de forma sostenible (Moreira Tavares et al., 2023).

Recomendaciones para promover las sinergias industriales en mipymes

Para que se lleven a cabo las SI de manera óptima, es fundamental promover la diversificación industrial o la generación de ecosistemas industriales. De esta forma, se podrá integrar y generar oportunidades a la mayor cantidad de empresas manufactureras (Jensen, 2016; Muyulema Allaica, 2018; Tolstykh et al., 2020). Asimismo, es importante gestionar la inclusión a futuro de las actividades económicas de servicios y comercios en las SI (Abello et al., 2021; Marchi et al., 2017).

Es necesario generar una base de datos que permita conocer los materiales e insumos que requieren ciertas actividades industriales y, a su vez, conocer la oferta de materiales y residuos industriales que puedan ser empleados como sustitutos para cubrir dicha demanda, lo cual no es imposible, ya que existe el marco regulatorio conocido como la *Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industria*, que impulsa el desarrollo de SI mediante el aprovechamiento del material de descarte o de residuos industriales.

Las SI no solo se limitan en el intercambio de materiales entre actividades económicas, sino también en la implementación de infraestructuras complementarias a estas relaciones de sinergia (plantas de valorización, plantas de tratamiento en el caso de residuos peligrosos e incluso infraestructuras de disposición final). Sin embargo, es menester fortalecer la parte alta de la cadena de producción y evitar en lo máximo posible que el material de descarte o de residuo sólido sean llevados a un relleno sanitario.

Otro mecanismo fundamental para que se lleven a cabo las SI es el financiamiento. Respecto a ello, PRODUCE, a través de Innóvate Perú, promueve fondos públicos de innovación productiva en actividades industriales manufactureras (Decreto Supremo 003-2020-PRODUCE, 2020).

Por otro lado, en el Perú se están implementando parques industriales, localizados mayormente en el distrito de Chilca (provincia de Cañete, departamento de Lima), los cuales buscan concentrar la actividad industrial en una zona determinada para obtener un beneficio mutuo del aprovechamiento de materiales, energía y agua generados por ellos mismos. Sin embargo, estas iniciativas son conformadas por las grandes empresas industriales que dejan de lado a las mipymes. Asimismo, la economía circular es un modelo donde no podemos dejar a nadie atrás. Si bien la producción industrial se concentra en las grandes empresas, más del 90 % de empresas manufactureras son mipymes (Ministerio de la Producción, 2021).

4. DISCUSIÓN

Los distritos de Lima Metropolitana con mayor potencialidad de implementar SI a nivel de mipymes manufactureras son San Juan de Lurigancho, Ate, Santiago de Surco y San Martín de Porres. Asimismo, estas acciones de circularidad evaluadas corresponden mayormente a actividades industriales del grupo I (elaboración de alimentos, bebidas y tabaco) y del grupo II (fabricación de productos textiles, prendas de vestir). Estos coinciden con la priorización realizada por Ríos y Rodríguez (2021), quienes señalaron a los grupos industriales de fabricación de alimentos y bebidas, fabricación de otros productos minerales no metálicos y fabricación de productos de caucho y de plástico, como aquellos con el mayor potencial de implementar SI.

La identificación de los distritos potenciales contribuye con la formulación de estrategias de nivel local, regional e incluso nacional, sobre economía circular y gestión de residuos sólidos en el sector industrial, ya que permitiría la generación de clústeres o agrupaciones industriales en relación con las SI identificadas. Con relación a ello, Abello et al. (2021) agruparon a las empresas generadoras de residuos no peligrosos de la región de Valparaíso en clústeres, de acuerdo con un análisis territorial previo basado en la generación de residuos sólidos de las actividades económicas para la creación de una plataforma de industria circular, que no solo se limita a incluir actividades manufactureras, sino también incluye a otras actividades económicas y de servicios.

Entonces, para que se lleve a cabo el desarrollo de SI, es fundamental contar con una base de datos o plataforma que brinden información sobre las materias primas que requieren ciertas actividades industriales y cómo estas pueden emplear material de descarte o residuos sólidos para sustituir insumos o materiales vírgenes (Wuyts et al., 2022). Adicionalmente, el uso de tecnologías para generar base de datos e integrarlos con sistemas de información geográfica (SIG) para tener localizada cada empresa vinculada a determinada actividad industrial permitiría generar rutas de aprovechamiento de material o de residuos entre actividades de rubros similares o diferentes (Álvarez, 2014).

La inclusión de infraestructuras de valorización como complemento a las acciones de circularidad en Lima Metropolitana permite aprovechar el mayor tiempo posible los materiales y residuos sólidos generados. Asimismo, la introducción de nuevas formas de sinergias entre las infraestructuras industriales, los servicios públicos y las instalaciones de servicios públicos como un sistema holístico contribuye al ahorro de recursos y materiales, así como la reducción del impacto al ambiente (Marchi et al., 2017)

5. CONCLUSIONES

En algunos distritos de Lima Metropolitana se pueden implementar SI, aplicables a mipymes, las cuales se basan en la sustitución de materia prima por material de descarte

o de residuos sólidos. Asimismo, se han identificado distritos que presentan cantidades elevadas de empresas manufactureras de distintos tipos de actividades industriales, tales como San Juan de Lurigancho, Ate, Santiago de Surco, San Martín de Porres, entre otros.

La implementación de SI en mipymes manufactureras requiere de un marco regulatorio fortalecido en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional), que permita facilitar la transición de las mipymes hacia una economía circular. Las mipymes deben acceder a fuentes de financiamiento en tecnología e innovación para que sus procesos industriales sean llevados a cabo de manera sostenible.

Los resultados de la investigación contribuyen con el impulso de la *Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industria*, a través de la promoción del aprovechamiento de material de descarte y de residuos sólidos en las actividades industriales manufactureras.

Para la implementación de cualquier iniciativa basada en economía circular, tales como las SI, se debe evaluar el impacto ambiental, la reducción de residuos y la generación de emisiones de gases de efecto invernadero que provocarían estas acciones, así como la rentabilidad que traería, ya que de ser positiva representaría una ventaja competitiva (Lieder & Rashid, 2016).

6. REFERENCIAS

- Abello, V., Videla, J. T., & Martínez, P. (2021). *Potenciales sinergias territoriales*. Plataforma Industria Circular.
- Abuchaibe, D. (2019). *Aprovechamiento y transformación de residuos textiles para el desarrollo de accesorios complementarios de moda* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/46139>
- AIVP. (2020). *Kalundborg (Dinamarca): Symbiosis, proyecto pionero y modelo de ecología circular*. <https://www.aivp.org/es/buenas-practicas/kalundborg-dinamarca-symbiosis-proyecto-pionero-y-modelo-de-ecologia-circular/>
- Álvarez, R. (2014). *Detección de sinergias de simbiosis industrial y gestión medioambiental entre pymes de áreas industriales mediante herramientas de análisis espacial de la información* [Tesis de maestría, Universidad de Cantabria]. UCrea. Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria. <http://hdl.handle.net/10902/5760>
- Álvarez, R., & Ruiz-Puente, C. (2017). Development of the tool SymbioSyS to support the transition towards a circular economy based on industrial symbiosis strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8, 1521-1530. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9748-1>

- Amezquita, A. M., Camargo, A., & Guerrero, D. (2018). *Diseño de un subproducto a base de lactosuero en la fábrica de lácteos Belén* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/36471>
- Babkin, A., Shkarupeta, E., Tashenova, L., Malevskaia-Malevich, E., & Shchegoleva, T. (2023). Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(2). <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>
- Bolaños, J. (2019). *Reciclado de plástico PET* [Tesis de bachillerato, Universidad Católica San Pablo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12590/16146>
- Bravo-Calle, O. E., Osorio-Rivera, M. A., & Loor-Lalvay, X. A. (2021). La calidad del desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 153-167. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094540>
- Bresciani, J., Mantulak, M., & Brazzola, C. (2019). Aprovechamiento de residuos de madera en construcciones civiles: revisión bibliográfica. En *Jornadas de investigación, desarrollo tecnológico, extensión, vinculación y muestra de la producción*. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería.
- Carrasco, T. (2019). El reciclaje de vidrio y su impacto en la conservación del medio ambiente. *Explorador Digital*, 1(4), 22-31. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v1i2.319>
- Castillo Piscocoya, G. E., Chavarry Koosi, J. C., Peralta Panta, J. K., & Muñoz Pérez, S. P. (2021). Uso de residuos agroindustriales en las propiedades mecánicas del concreto: una revisión literaria. *Revista Ingeniería*, 5(13), 123-142. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v5i13.86>
- Circle Economy. (2023). *The Circularity Gap Report 2023*. <https://www.circularity-gap.world/2023>
- Da Costa Pimenta, C. C. (2022). La economía circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*, 35, 1-11.
- Dantas, T. E. T., De-Souza, E. D., Destro, I. R., Hammes, G., Rodriguez, C. M. T., & Soares, S. R. (2021). How the combination of circular economy and industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 213-227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>
- Deuman. (2022). *Servicio de apoyo en la implementación de la Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industria, a partir de las acciones priorizadas de cumplimiento en el corto y mediano plazo. Informe final*. Ministerio del Ambiente; Unión Europea.

- Domenech, T., Bleischwitz, R., Doranova, A., Panayotopoulos, D., & Roman, L. (2019). Mapping industrial symbiosis development in Europe: typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 76-98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>
- Earley, K. (2015). Industrial symbiosis: harnessing waste energy and materials for mutual benefit. *Renewable Energy Focus*, 16(4), 75-77. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2015.09.011>
- Fundación Ellen MacArthur. (2017). *El diagrama de la mariposa: visualizando la economía circular*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/el-diagrama-de-la-mariposa>
- Gamarra, L. (2016). *Aptitud de las fibras del mesocarpio de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) para la elaboración de tableros fibrocemento* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. BAN. Biblioteca Agrícola Nacional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2643>
- García, M. (2018). *Sistema de reciclaje de textiles post-consumo para el desarrollo de productos de economía circular en la ciudad de Bogotá, D. C.* [Proyecto de grado para optar al título de Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/13550>
- GómezGómez, J.F., GonzálezMadariaga, F.J., & RossaSierra, L.A. (2019). Nuevos materiales a partir de residuos textiles: una perspectiva del diseño industrial. *RChD: Creación y Pensamiento*, 4(7). <https://doi.org/10.5354/0719-837x.2019.49872>
- Gravagnuolo, A., Angrisano, M., & Girard, L. F. (2019). Circular economy strategies in eight historic port cities: criteria and indicators towards a circular city assessment framework. *Sustainability*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/su11133512>
- Hanco, N. (2021). Abono orgánico arequipeño, una alternativa ante el costo de fertilizantes. *Correo*. <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/abono-organico-arequipeno-una-alternativa-ante-el-costo-de-fertilizantes-noticia/?ref=dcr>
- Henao, J. (2015). *Aprovechamiento del residuo textil como materia prima para la creación de nuevos productos* [Tesis de grado, Universidad Católica de Pereira]. RIBUC. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Pereira. <https://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/3376>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández- Metodología de la investigación.pdf>

- Huirma Barriales, H. L. (2021). *Elaboración de bloques de concreto con la adición de aserrín para el uso en edificaciones de albañilería confinada, Juliaca-Puno 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Universidad César Vallejo, Repositorio Digital Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58815>
- Hurtado Ruiz, A. M., & Jordá Ferrando, L. (2018). *Simbiosis industrial como herramienta del paradigma de la economía circular*. AIDIMME. http://intranet3.aidimme.es/acceso_externo/download/archivos_circulares/Nyw5NDM2ODkyMjcxMDQxOUUrMjA.pdf
- Instituto Tecnológico de la Producción. (2021, 12 de junio). *Empresa textil se reinventa e innova el mercado local elaborando sombreros y accesorios de fieltro de alpaca*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/itp/noticias/500110-empresa-textil-se-reinventa-e-innova-el-mercado-local-elaborando-sombreros-y-accesorios-de-fieltro-de-alpaca>
- Jensen, P. D. (2016). The role of geospatial industrial diversity in the facilitation of regional industrial symbiosis. *Resources, Conservation and Recycling*, 107, 92-103. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2015.11.018>
- Kazakova, E., & Lee, J. (2022). Sustainable manufacturing for a circular economy. *Sustainability*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142417010>
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. (2018). Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150, 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Liu, C., Côté, R. P., & Zhang, K. (2015). Implementing a three-level approach in industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 87(1), 318-327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.067>
- Lizárraga-Mendiola, L., López-León, L. D., & Vázquez-Rodríguez, G. A. (2022). Municipal solid waste as a substitute for virgin materials in the construction industry: a review. *Sustainability*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142416343>
- Lluís, A., & Martínez, A. (2023). *Manual Simbiosis Industrial - Implementación de un programa de economía circular para un desarrollo económico sostenible en México*. Unión

- Europea. https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/documents/2023/Manual_Simbiosis_Industrial.pdf
- López, C. (2016). *Reciclado del plástico (PET) para la obtención de fibra textil* [Trabajo final de carrera, Ingeniería Industrial]. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Marchi, B., Zaroni, S., & Zavanella, L. E. (2017). Symbiosis between industrial systems, utilities and public service facilities for boosting energy and resource efficiency. *Energy Procedia*, 128, 544-550. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.006>
- Ministerio de la Producción. (2020). Decreto Supremo 003-2020-PRODUCE. Por el cual se aprueba la hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industria. Diario Oficial El Peruano, 19 de enero del 2020. <https://www.gob.pe/es/l/444490>
- Ministerio de la Producción. (2021). *Directorio de mipymes*. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-directorio/directorio-mipyme>
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Informe Nacional sobre la Gestión de los Residuos Sólidos 2019*.
- Mishra, R., Singh, R. K., & Govindan, K. (2022). Barriers to the adoption of circular economy practices in micro, small and medium enterprises: Instrument development, measurement and validation. *Journal of Cleaner Production*, 351. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131389>
- Moreira Tavares, T., Devós Ganga, G. M., Godinho Filho, M., & Picanço Rodrigues, V. (2023). The benefits and barriers of additive manufacturing for circular economy: A framework proposal. *Sustainable Production and Consumption*, 37, 369-388. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.03.006>
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>
- Muyulema Allaica, J. C. (2018). La ecología industrial y la economía circular. Retos actuales al desarrollo de industrias básicas en el Ecuador. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 5(2), <https://dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/44>
- Naciones Unidas. (2021). *América Latina y el Caribe lanza la Coalición de Economía Circular*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2021/02/1487482>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2023). Resolución 00007-2023-OEFA/DSIS del 17 de enero de 2023. Aprobar el Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos, de acuerdo a lo detallado en los Anexos I y II; así como el Inventario Inventario Nacional de Infraestructuras de Residuos Sólidos, de acuerdo a lo establecido en el Anexo III. <https://www.gob.pe/es/l/3156088>

- Pascual, C., & Mosquera, R. (2022). *Evaluación de alternativas de disposición final de prendas de vestir usadas en Bogotá* [Tesis de licenciatura, Universidad de La Salle]. Ciencia Unisalle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1999/
- Ríos, P., & Rodríguez, E. (2021). *Las redes de simbiosis industrial y el empleo, el caso Colombia*. Organización Internacional del Trabajo.
- Rutgers, V., & Coykendall, J. (2021). *Sustainable manufacturing from vision to action contents*. Deloitte.
- Salmi, A., & Kaipia, R. (2022). Implementing circular business models in the textile and clothing industry. *Journal of Cleaner Production*, 378. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134492>
- Tecnalia. (2017). *Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde*. <http://hdl.handle.net/11520/21034>
- Tolstykh, T., Shmeleva, N., & Gamidullaeva, L. (2020). Evaluation of circular and integration potentials of innovation ecosystems for industrial sustainability. *Sustainability*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/su12114574>
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 1(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Velasco, J., Gomez, F., Hernandez, A., Salinas, J., & Guerrero, A. (2017). Residuos orgánicos de la agroindustria azucarera: retos y oportunidades. *Agro Productividad*, 10(11), 99-104. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/56>
- Vidales, A., Chávez, V., García, E., & Gómez, T. (2004). Alimentos balanceados para animales a partir de residuos orgánicos. *Conciencia Tecnológica*, (26).
- Williams Zambrano, M. B., & Dueñas, A. A. (2021). Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero: antecedentes investigativos y usos tradicionales. *La Técnica. Revista de las Agrociencias*, 26(1), 39-50. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3490
- World Bank Group. (2021). *Circular economy in industrial parks: technologies for competitiveness*.
- Wuyts, W., Miatto, A., Khumvongsa, K., Guo, J., Aalto, P., & Huang, L. (2022). How can material stock studies assist the implementation of the circular economy in cities? *Environmental Science and Technology*, 56(24), 17523-17530. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05275>