

INFORME 2025 Y PERSPECTIVAS 2026

INNOVACIÓN PARA EL CIERRE DE CICLO DE ENVASES Y EMPAQUES



Impulsando el país hacia la economía circular

INFORME 2025 Y PERSPECTIVAS 2026

INNOVACIÓN PARA EL CIERRE DE CICLO DE ENVASES Y EMPAQUES

Innovación para el cierre de ciclo de envases y empaques: Informe 2025 y perspectivas 2026

Dirección de la publicación

Felipe Belalcázar Velasco
Mónica Turriago Apolinar

Coordinación técnica

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI

Equipo técnico

Felipe Belalcázar Velasco
Mónica Turriago Apolinar

Entidad editora

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI
Programa Visión Circular

Dirección: Calle 73 #8-13, Piso 6, Torre A
Bogotá D.C., Colombia
Teléfono: (+57 601) 326 8500
Correo electrónico: visioncircular@andi.com.co
Sitio web: www.andi.com.co/vision-circular

Diseño y diagramación

.Puntoaparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Primera edición

Volumen 3

Bogotá D.C., Colombia

Publicado en 2026

ISSN: XXXX-XXXX

Derechos de autor

© 2026 Asociación Nacional de Empresarios
de Colombia – ANDI.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre que se cite la fuente. Las opiniones expresadas en este documento corresponden a sus autores y no necesariamente representan la posición institucional de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....5

1.

INTRODUCCIÓN.....6

Contexto general de Visión Circular – ANDI.....7

Objetivo del informe de innovación 2025 y perspectivas 2026 para ANLA.....8

Evolución del plan de innovación.....9

2.

MARCO CONCEPTUAL.....11

Marco general de economía circular en envases y empaques.....12

Modelos de negocio circular según SITRA.....14

Definiciones y conceptos de innovación (Manual de Oslo).....17

Tipologías de proyectos de CTel y niveles de madurez tecnológica (TRL).....19

Categorías funcionales para identificar el tipo de innovaciones en los procesos de negocio.....22

Tipos de actividades relevantes para la innovación.....24

3.

Plan de Innovación Visión Circular.....26

Sistema de implementación, seguimiento y mejora continua.....31

Portafolio e indicadores 2025.....34

4.

Banco de Proyectos de Innovación Visión Circular.....41

Presupuesto del Banco de Proyectos 2023-2025.....42

5.

Proyectos beneficiados y ejecutados 2025.....45

Modelo de negocio: Abastecimiento circular.....46

Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO.....47

Proyecto 2: Elaboración de empaques a base de orgánicos50

Proyecto 3: Prototipo de modificador ecológico para asfalto a partir de residuos plásticos de banano.....53

Proyecto 4: Soluciones constructivas sostenibles a partir de MLP y BOPP para Bogotá.....56

Proyecto 5: Diseño de empaque reutilizable y reciclable para huevos a partir de biocompuesto de cascarilla de arroz.....59

Proyecto 6: Validación y preparación industrial de bioplástico para empaques flexibles.....62

Modelo de negocio: Producto como servicio.....65

Proyecto 7: Reúsalo Tech 4.0.....65

Proyecto 8: Xiclo - Sistema de reutilización empaques retornables.....68

Modelo de negocio: Recuperación y transformación.....72

Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras.....72

Proyecto 10: Potencial de reciclabilidad de materiales.....77

Proyecto 11: Fortalecimiento a empresas productoras.....80

Proyecto 12: Desarrollo de productos a partir de residuos posconsumo de poliestireno expandido y espumado.....83

Proyecto 13: Cierre del ciclo del PEAD multicolor mediante sorter óptico de hojuela.....86

Proyecto 14: ACV comparativo del programa Visión Circular de la ANDI.....89

Proyecto 15: Validación de tecnología de infrarrojo portátil para identificación de materiales.....91

Reflexiones finales, aprendizajes y estrategias de crecimiento 2026.....94

Referencias bibliográficas.....95

ILUSTRACIONES, FIGURAS Y TABLAS

Ilustración 1. Frentes de acción Visión Circular.....

7

Ilustración 2. Reportes de innovación presentados para 2023 y 2024².....

8

Figura 1. Marco normativo y políticas públicas en economía circular en Colombia.....

13

Figura 2. Modelos de negocio circular - SITRA.....

14

Figura 3. Modelos de negocio circular en la cadena de valor.....

16

Figura 4. Actividades de innovación.....

18

Tabla 1. Tipos de productos de CTel (según tipología MinCiencias).....

20

Figura 5. Nivel de madurez tecnológica - TRL.....

21

Figura 6. Categorías funcionales para identificar innovaciones en procesos de negocio.....

23

Figura 7. Tipos de actividades relevantes para la innovación.....

25

Figura 8. Plan de innovación Visión Circular 2025.....

28

Figura 9. Líneas de innovación Visión Circular.....

29

Figura 10. Líneas corporativas Visión Circular.....

30

Tabla 2. Indicadores productivos.....

32

Tabla 3. Indicadores I+D+i.....

32

Tabla 4. Indicadores financieros.....

32

Tabla 5. Indicadores sociales.....

33

Tabla 6. Indicadores comunicacionales.....

33

Tabla 7. Indicadores convocatoria 2023-2024 e indicadores proyectados 2025-2027.....

34

Tabla 8. Número de productos totalizados por tipología MinCiencias - 2025.....

35

Tabla 9. Productos obtenidos por proyecto con evidencias.....

36

Tabla 10. Anexo III d. Inversión en investigación aplicada y desarrollo experimental para la innovación y el ecodiseño.....

38

Tabla 11. Valor ejecutado ANDI 2023, 2024 y 2025 incluyendo valor total movilizado y ejecutado.....

43

Tabla 12. Valor ejecutado por ANDI y valor movilizado a los proyectos en el año 2025.....

44

Matriz de variables.....

76

RESUMEN EJECUTIVO

Desde su consolidación como la principal plataforma de Responsabilidad Extendida del Productor en Colombia, Visión Circular ANDI ha evolucionado de ser un esquema de cumplimiento normativo a convertirse en un ecosistema de innovación robusto para más de 380 empresas de 76 sectores económicos, destinando recursos por cerca de 4mil millones de pesos, entre 2023 y 2025 a 28 proyectos en total. En el marco de este reporte para el periodo de cumplimiento 2025, el programa presenta un portafolio de 15 proyectos de I+D+i, por un monto superior a los 1300 millones de pesos, que demuestran una madurez técnica creciente y estructurada bajo los cinco modelos de negocio circular de la metodología SITRA y los criterios de innovación establecidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Esta gestión se caracteriza por una dinámica de innovación continua donde conviven proyectos de ciclo cerrado, que entregan hoy resultados tangibles de investigación aplicada, con nuevas iniciativas de desarrollo experimental cuya hoja de ruta se proyecta hasta 2027.

En el eje de Abastecimiento Circular, el programa ha consolidado hitos críticos con proyectos iniciados en 2023 que culminan su fase de validación en 2025. Destaca la investigación en biocompuestos a partir de subproductos agroindustriales como el capacho de uchuva, el almidón de yuca y la cascarilla de arroz. Estos esfuerzos han superado la etapa conceptual para entregar prototipos funcionales y moldes de inyección para preseries industriales, demostrando que es posible sustituir materias primas vírgenes por alternativas sostenibles sin comprometer la integridad técnica del empaque, cerrando un ciclo de tres años de desarrollo.

Paralelamente, el portafolio integra modelos de Producto como Servicio y Plataformas Compartidas que marcan

el inicio de una nueva fase de transformación tecnológica. Iniciativas enfocadas en la retornabilidad y la logística inversa inteligente, apoyadas en herramientas de la Industria 4.0 como RFID y pasaportes digitales QR, han comenzado su despliegue en 2025. Aunque ya muestran avances en trazabilidad y monitoreo de tasas de retorno, estos proyectos están diseñados para escalar su impacto y alcanzar resultados definitivos de eficiencia operativa hacia 2027. Este enfoque de largo plazo asegura que la infraestructura tecnológica sea lo suficientemente robusta para soportar las exigencias de recolección y aprovechamiento del colectivo en los próximos años.

Bajo los modelos de Extensión de la Vida Útil y Recuperación y Transformación, la gestión de innovación aborda tanto la mejora de la reciclabilidad intrínseca de los materiales actuales como el fortalecimiento de la cadena de transformación. Mientras que algunos estudios de potencial de aprovechamiento en 49 corrientes de materiales ya entregan datos concluyentes para la toma de decisiones inmediatas, otros proyectos de ciencia de materiales avanzada —enfocados en la reincorporación de resinas post-consumo en empaques de contacto con alimentos— se encuentran en sus etapas iniciales de experimentación. Estos últimos requieren procesos de higienizado y caracterización morfológica que se extenderán durante los próximos periodos, garantizando la inocuidad y la seguridad jurídica del cumplimiento material para cada productor.

En conjunto, el reporte de 2025 refleja un balance dinámico: la entrega de 55 productos de I+D+i ya verificables se entrelaza con la siembra de nuevas capacidades instaladas que darán frutos en 2027. Esta distribución temporal evidencia que el compromiso de Visión Circular no

es estático, sino que apuesta por una inversión sostenida en investigación aplicada y entendimiento biométrico del consumidor. Al diferenciar entre los logros inmediatos y la prospectiva tecnológica, el programa asegura una transición ordenada hacia un modelo donde la ciencia de materiales y la validación industrial operan como los motores definitivos para cerrar el ciclo de los envases y empaques en Colombia.

El presente documento consta de 5 capítulos principales. El capítulo 1 presenta el contexto general de Visión Circular, la evolución del plan de innovación y el recuento de los pasados informes.

En el segundo capítulo, se presenta el marco conceptual, abordando 3 principales aristas: La normativa, relacionada con economía circular y responsabilidad extendida del productor para envases y empaques. La técnica, que involucra las definiciones y conceptos de innovación en línea con el Manual de Oslo, el cual hace que la innovación sea medible, auditable y comparable. Finalmente, la estratégica, en la cual se abordan los 5 modelos de negocio circular propuestos por SITRA para articularlos con innovación para el cierre de ciclo de envases y empaques.

En los capítulos 3 y 4, se describe la estructura del plan de innovación, incluyendo el sistema de implementación, seguimiento y mejora continua junto con el presupuesto destinado para el desarrollo del banco de proyectos entre 2023 y 2025.

En el capítulo 5 se entra en el detalle de los 15 proyectos desarrollados durante 2025, clasificados según el modelo de negocio respectivo e incluyendo los resultados más representativos en el marco I+D+i.

1.

INTRODUCCIÓN

➔

Contexto general de Visión Circular – ANDI.....	6
Objetivo del informe de innovación 2025 y perspectivas 2026 para ANLA.....	7
Evolución del plan de innovación.....	8



1.1

CONTEXTO GENERAL DE VISIÓN CIRCULAR – ANDI

La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) es el gremio empresarial más representativo del país, conformado por más de 1.500 empresas que en conjunto generan cerca del 50 % del PIB nacional y más de 2,5 millones de empleos formales. En el marco de su agenda de competitividad, innovación y desarrollo sostenible, la ANDI lidera Visión Circular – ANDI como programa colectivo de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y plataforma de economía circular aplicada a envases y empaques.

Visión Circular – ANDI promueve soluciones de alto impacto que mantienen los materiales en uso, reducen impactos ambientales y generan eficiencias para las empresas, integrando enfoques de ecodiseño, reutilización, reciclaje, trazabilidad y cultura ciudadana. En el marco normativo colombiano, el programa lidera y desarrolla el Plan Colectivo de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques, en cumplimiento de las Resoluciones 1407 de 2018 y 1342 de 2020 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como de las disposiciones asociadas a la reducción progresiva de plásticos de un solo uso establecidas en la Ley 2232 de 2022.

Al corte de 2025, Visión Circular – ANDI agrupa a más de 380 empresas de 76 sectores económicos, según clasificación Código Industrial Internacional Uniforme CIIU¹. En los últimos cuatro años, el colectivo ha reciclado y reutili-

zado más de 214.000 toneladas de envases y empaques en Colombia, en alianza con una red de 178 gestores (57 organizaciones de recicladores que representan a más de 7.600 recicladores de oficio) y 52 plantas de transformación, con presencia en 228 municipios de 30 departamentos. Esta escala operativa permite combinar cumplimiento regulatorio con fortalecimiento productivo y social en la base de la cadena.

La estrategia del programa se implementa de manera integral en cinco frentes de acción, que permiten abordar el reto de envases y empaques desde una perspectiva sistémica (diseño–uso–posconsumo) e impulsar cierres de ciclo con enfoque de innovación, fortalecimiento de la cadena, inclusión y articulación territorial.

En coherencia con este enfoque, Visión Circular consolida y reporta anualmente a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) los avances en la implementación del Plan de Gestión de Residuos de Envase, Empaque y Plásticos de Un Solo Uso, incluyendo la inversión y los resultados asociados a investigación aplicada y desarrollo experimental para la innovación y el ecodiseño.

¹ https://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev_4_AC2022.pdf Consultado febrero 2026.



Ilustración 1. Frentes de acción Visión Circular



1.2

OBJETIVO DEL INFORME DE INNOVACIÓN 2025 Y PERSPECTIVAS 2026 PARA ANLA

El presente informe tiene como objetivo presentar la consolidación de la inversión y los resultados obtenidos durante 2025 en actividades de investigación aplicada y desarrollo experimental orientadas a la innovación y el ecodiseño, ejecutadas por Visión Circular – ANDI en el marco del Plan Colectivo de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques. La información se reporta con trazabilidad técnica y financiera, articulando los soportes de ejecución y los productos de I+D+i logrados.

Este documento da continuidad a la línea de reporte iniciada en 2023 ([enlace al informe 2023](#)) con el Informe de Innovación para el Cierre de Ciclo, año en el que se estructuró el Banco de Proyectos y se consolidó un primer portafolio de iniciativas (en 2023 se evaluaron 94 iniciativas y se priorizaron 15 para inversión). En 2024, el Informe de Innovación 2024 y perspectivas 2025 ([enlace al informe 2024](#)) consolidó la operación de la Oficina de Gestión de Proyectos, realizó seguimiento a proyectos financiados en 2023 e incorporó nuevos proyectos, fortaleciendo el enfoque de mejora continua del portafolio y su reporte anual a la ANLA. En 2025, el énfasis se traslada a la obtención de resultados verificables, priorizando los proyectos con ejecución presupuestal en 2025 y la consolidación de pro-

ductos de I+D+i que permitan evidenciar avances concretos y comparables, al tiempo que se proyectan perspectivas 2026 replicando el ciclo anual de reporte a ANLA.

En este sentido, los objetivos específicos del presente documento son:

1. Evidenciar la inversión ejecutada en 2025 en investigación aplicada y desarrollo experimental para innovación y ecodiseño, y su correspondencia con los principales resultados y productos reportables.
2. Presentar una visión consolidada del portafolio 2023-2025, organizando los proyectos por modelos de negocio circular y resaltando aquellos con ejecución y resultados en 2025, para facilitar la lectura, verificación y seguimiento del avance del Plan de Innovación.
3. Sintetizar los productos de I+D+i generados por los proyectos (p. ej., prototipos, metodologías, estudios, recomendaciones técnicas, mejoramientos de proceso y nuevos productos), destacando los obtenidos o cerrados en 2025 y su evidencia asociada para soporte del reporte ante la autoridad.



Ilustración 2. Reportes de innovación presentados para 2023 y 2024²



4. Reflejar la ejecución del Plan de Innovación durante el periodo 2025, incorporando los aprendizajes y retos identificados y planteando las perspectivas para 2026 en términos de prioridades temáticas de inversión, articulación con aliados y fuentes de financiación, y estrategias de escalamiento y replicabilidad, como insumo para fortalecer el cierre de ciclo y el cumplimiento regulatorio del Plan Colectivo.

Como soporte a esta trazabilidad, durante 2025 la operación de la Oficina de Proyectos (PMO) del programa, consolidó un modelo de gestión del portafolio alineado con buenas prácticas del Project Management Institute (PMI) y ajustado a la naturaleza de la innovación, la sostenibilidad y el cumplimiento regulatorio. Este modelo articula el seguimiento técnico, administrativo y financiero de los proyectos, estandariza evidencias y fortalece la consolidación de resultados verificables que alimentan el reporte anual a la ANLA.

² 2023 disponible en: [andi.com.co/Uploads/Informe 2023 & perspectivas 2024 diseño.pdf](https://andi.com.co/Uploads/Informe%202023%20&%20perspectivas%202024%20dise%C3%B1o.pdf)

2024 disponible en [ANDI_EconomíaCircular_Informe2024_compressed_638990846971068830.pdf](#)

1.3 EVOLUCIÓN DEL PLAN DE INNOVACIÓN

Visión Circular nació en 2019 bajo el nombre Visión 30/30, con la meta inicial de aprovechar el 30 % de los envases y empaques puestos en el mercado para el año 2030, en cumplimiento de la Resolución 1407 de 2018.

Sin embargo, para responder a un ecosistema regulatorio más exigente (como la Ley 2232 de Plásticos de Un Solo Uso y la Resolución 803 de 2024) y a la necesidad de ir más allá del mero cumplimiento volumétrico, el programa evoluciona hacia una transición operativa y refleja el paso de una meta estática a un enfoque de “circularidad sistémica”, donde la innovación actúa como el motor principal para rediseñar productos, integrar tecnologías avanzadas involucrando socialmente a los recicladores.

Fase Inicial: El Plan de Innovación Visión 30/30 (2020 - 2023)

El trabajo en innovación comenzó oficialmente en el año 2020 con la formulación del primer Plan de Innovación.

Estrategia y metodología Inicial

1. Enfoque “qué, dónde, cómo”: La estrategia original se construyó a partir del análisis de 50 macro-tendencias globales para identificar dónde el colectivo podía aportar valor en los diferentes eslabones de la cadena (mercados finales, transformación, recolección, etc.)

2. Marcos de referencia: El plan adoptó metodologías internacionales y nacionales de vanguardia:

- Modelo SITRA: Para clasificar los proyectos en 5 modelos de negocio circular (abastecimiento circular, plataformas compartidas, producto como servicio, extensión de vida útil, y recuperación/transformación)
- Niveles de Madurez Tecnológica (TRL): Para evaluar objetivamente en qué fase de desarrollo se encontraba cada tecnología (desde ideas básicas en TRL 1 hasta comercialización en TRL 9)
- Manual de Oslo y lineamientos de MinCiencias.

3. Horizontes de tiempo: Se definieron tres horizontes de ejecución (H1, H2, H3). El primer gran hito estratégico fue cumplir con el Horizonte 1 (H1) en 2023, mediante la creación de la Oficina de Gestión de Proyectos (PMO), encargada de centralizar la planeación y ejecución

Objetivos y líneas temáticas originales

Inicialmente, el diagnóstico de necesidades derivó en la formulación de 7 líneas de innovación (Li) y 4 líneas corporativas (Lc):

- Líneas de Innovación: Desarrollar nuevos negocios circulares (Li1), gestionar recursos financieros (Li2),

ampliar la base de materiales (Li3), desarrollar capacidades (Li4), adoptar nuevas tecnologías (Li5), generar espacios de testeo (Li6) e innovar en el origen (Li7)

- Líneas Corporativas: Formalización de recicladores (Lc1), comunicación innovadora (Lc2), actualización estratégica (Lc3) y diseño de marcos regulatorios (Lc4)



Resultados de esta fase: Esta etapa culminó con la Convocatoria del Banco de Proyectos 2023, donde se evaluaron 94 iniciativas y se priorizaron 15 proyectos con una inversión superior a los \$2.000 millones de pesos, enfocados en reciclabilidad y nuevos materiales.

Evolución y consolidación:
El Plan de Innovación Visión
Circular (2024 en adelante)

La evaluación de los resultados de 2023 evidenció nuevas oportunidades: era necesario llevar la innovación a toda la cadena de valor, mejorar la madurez tecnológica de los proyectos (pasar de prototipos a plantas industriales) y optimizar la trazabilidad.

Actualización de la estrategia y metodología

- Paso al Horizonte 2 (Transformación): Tras consolidar las habilidades internas en H1, la estrategia actual se enfoca en la ejecución de proyectos a escala y en la atracción de recursos externos a través de radares de financiación y fondos internacionales para garantizar la sostenibilidad financiera.
- Integración tecnológica 4.0: La metodología evolucionó para exigir la incorporación explícita de tecnologías avanzadas como el Blockchain, la Inteligencia Artificial y la analítica de datos para el monitoreo y trazabilidad del ciclo de vida de los materiales
- Sistema de medición avanzado: Se implementó un esquema de indicadores más riguroso para asegurar el éxito del plan, incluyendo el Índice General de Cumplimiento (ICAP), el Índice de Valor Agregado (IVA) y el Rendimiento Financiero de la Inversión (RFI).

Nuevos objetivos y líneas temáticas (estructura actual)

Como respuesta a la Ley 2232 (Plásticos de un Solo Uso) y las Resoluciones 1342 y 803, la hoja de ruta se sintetizó y actualizó en 5 Líneas de Innovación y 3 Líneas Corporativas, alineadas directamente con 5 Objetivos Específicos (OE)

Las 5 líneas de innovación actuales:

- Modelos de negocio circulares y sostenibles: Adaptación a la Ley 2232 para rediseñar la forma en que se consumen los envases.
- Tecnologías de optimización y trazabilidad: Uso de Blockchain e Inteligencia artificial para la toma de decisiones.
- Investigación y desarrollo de materiales: Creación y adopción de materiales reciclables y biodegradables (Res. 1407).
- Infraestructura y valorización de residuos: Mejora física de las capacidades de transformación (Res. 803).
- Capacidades y espacios de innovación: Laboratorios y colaboración academia-industria para el testeo

Las 3 líneas corporativas actuales:

- Formalización y tecnificación del sector reciclador: Orientada a una “Transición Justa”, conectando digital y productivamente a los recicladores de oficio.
- Adaptación estratégica y cumplimiento normativo: Uso de analítica de datos para adaptarse a los constantes cambios regulatorios.
- Divulgación y posicionamiento: Promoción de la economía circular y alianzas de inversión

La evolución del Plan de Innovación refleja un proceso de gran madurez técnica y operativa. Mientras que en su etapa de Visión 30/30 el plan se centró en sentar las bases conceptuales, explorar tendencias y organizar a las empresas para cumplir metas legales, bajo Visión Circular la estrategia se ha transformado en un ecosistema robusto de I+D+i.



Hoy en día, la innovación no es un proyecto aislado, sino un instrumento sistémico que moviliza ciencia de materiales, Industria 4.0 y finanzas climáticas para lograr un cambio profundo en los modelos de producción y consumo en Colombia.

2.

MARCO CONCEPTUAL



Marco general de economía circular en envases y empaques...11

Modelos de negocio circular según SITRA.....13

Definiciones y conceptos de innovación (Manual de Oslo).....16

Tipologías de proyectos de CTel y niveles de madurez
tecnológica (TRL).....18

Categorías funcionales para identificar el tipo
de innovaciones en los procesos de negocio.....21

Tipos de actividades relevantes para la innovación..... 23





Entender la economía circular en el sector de envases y empaques requiere una visión dual: por un lado, la adopción de estrategias operativas para el cierre de ciclos de materiales y, por otro, el impulso de la innovación en todas sus dimensiones. Este apartado ofrece un marco general que vincula los modelos de negocio circulares de la metodología SITRA con las tipologías de innovación del Manual de Oslo. El objetivo es estructurar una base teórica sólida que respalde las acciones de mejora en la cadena de valor, asegurando que cada avance técnico se traduzca en una reducción efectiva del impacto ambiental y en un fortalecimiento de la infraestructura circular en el territorio nacional.

2.1

MARCO GENERAL DE ECONOMÍA CIRCULAR EN ENVASES Y EMPAQUES

La economía circular busca desacoplar el crecimiento económico del consumo de recursos finitos, priorizando el mantenimiento de materiales en uso y la eliminación de residuos desde el diseño. En el sector de envases y empaques, esto se traduce en la aplicación de ecodiseño, modelos de responsabilidad extendida del productor y sistemas de reciclaje eficientes. Dado que los empaques representan una fracción crítica de los residuos globales, iniciativas internacionales y marcos normativos locales —como la Ley 2232 de 2022 en Colombia— impulsan la transición hacia ciclos cerrados que minimicen el impacto ambiental y fomenten el uso de materias primas secundarias.

En Colombia y en el ámbito internacional, el impulso a la economía circular, el ecodiseño y la innovación ha venido acompañado de un robusto marco normativo y de políticas públicas. A continuación, se resumen las regulaciones y políticas más relevantes (al corte 2025) relacionadas con envases y empaques, I+D+i, economía circular y ecodiseño:

Normativa colombiana sobre envases, residuos y economía circular

Desde 2018, Colombia consolidó su marco normativo mediante la Resolución 1407 (ajustada por la 1342 de 2020), la cual implementó el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Esta norma obliga a fabricantes e importadores a gestionar el ciclo de vida de envases de

papel, cartón, plástico, vidrio y metal, estableciendo metas graduales de aprovechamiento que inician en un 10 % y proyectan alcanzar el 30 % para 2030. Este esquema no solo incentiva la creación de planes posconsumo y la eficiencia en la retornabilidad, sino que también promueve la formalización de los recicladores de oficio y la reincorporación de materiales al ciclo productivo nacional.

Este andamiaje se fortaleció con la Ley 2232 de 2022 y su reglamentación mediante la Resolución 0803 de 2024, las cuales marcan la transición hacia la reducción en la fuente y el ecodiseño obligatorio. Mientras la ley dicta la sustitución gradual de plásticos de un solo uso, la resolución de 2024 impone metas concretas de contenido reciclado y oferta de opciones reutilizables a partir de 2025. Ambas disposiciones se alinean con la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), integrando políticas de gestión de residuos con metas climáticas y de innovación, posicionando a la economía circular como un pilar fundamental para el desarrollo sostenible y bajo en carbono en el país.

Políticas nacionales de I+D+i en Colombia

En paralelo a la agenda ambiental, el CONPES 4069 de 2022 estableció la Política Nacional de CTel 2022–2031, orientada a potenciar la contribución de la ciencia y la tecnología al desarrollo sostenible. Esta política impulsa la innovación abierta y la investigación aplicada a retos locales como la economía circular, incentivando la inversión en I+D y la articulación entre la academia y el sector empresarial. En este marco, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación ha desplegado programas de ecoinnovación y convocatorias estratégicas, como la realizada en alianza con el PNUD para el aprovechamiento de residuos y el desarrollo de materiales biodegradables. Así, este andamiaje de políticas de I+D+i facilita el escalamiento de soluciones en ecodiseño y modelos circulares dentro de la cadena de valor de envases y empaques.

Normativa y políticas internacionales (2024–2025)

El panorama global ha dado un giro definitivo hacia la obligatoriedad del diseño sostenible, liderado por la Unión Europea con el Reglamento de Envases (PPWR) y el Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles (ESPR) aprobados en 2024. Estas normativas imponen que todos los envases sean reutilizables o reciclables para 2030, fijan contenidos mínimos de material reciclado y extienden los requisitos de durabilidad y reparabilidad a una vasta gama de bienes. Este enfoque se complementa con la ambiciosa agenda de las Naciones Unidas, que bajo la Resolución 5/14, compromete a 175 países —incluido Colombia— a finalizar entre 2024 y 2025 un tratado global jurídicamente vinculante contra la contaminación por plásticos, abordando todo su ciclo de vida desde la producción hasta su disposición final.

En apoyo a esta transición, estándares internacionales como la familia ISO 59000 y la ISO 14006:2020 proporcionan hoy el marco técnico para medir la circularidad e integrar el ecodiseño en la gestión empresarial. Este ecosistema global, que posiciona al ecodiseño como piedra angular de la sostenibilidad, se alinea directamente con el marco normativo colombiano (Resoluciones 1407/2018 y 0803/2024). En conjunto, la convergencia entre mandatos internacionales, tratados de la ONU y normas técnicas ISO señala una dirección única hacia 2030: la adopción de sistemas productivos circulares y colaborativos que aseguren que las estrategias locales de innovación en envases sean competitivas y coherentes con los compromisos climáticos mundiales.



Figura 1. Marco normativo y políticas públicas en economía circular en Colombia



NORMATIVA COLOMBIANA (Envases y Residuos)

Res. 1407 (2018) & 1342 (2020): Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Metas progresivas de aprovechamiento (Recolección y Reciclaje).

Ley 2232 (2022) “Plásticos de un Solo Uso”: Prohibición gradual de productos. Sustitución por alternativas sostenibles.

Res. 0803 (2024): Mandatos de Ecodiseño. Metas de contenido reciclado (ej. 2025). Oferta de opciones reutilizables.

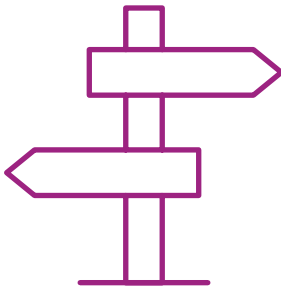


CONTEXTO INTERNACIONAL E INFLUENCIA

Unión Europea (2024): PPWR (Reglamento de Envases) & ESPR (Ecodiseño). Objetivos vinculantes de reutilización y reciclabilidad al 2030.

Naciones Unidas (UNEA): Resolución sobre Economía Circular (ODS 12). Tratado Global sobre Plásticos (negociación).

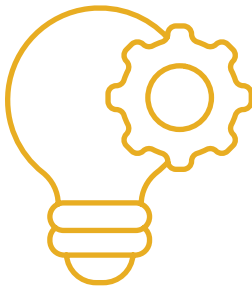
Normas ISO: ISO 14006 (Ecodiseño). Familia ISO 59000 (Métricas de Circularidad).



ESTRATEGIAS NACIONALES TRANSVERSALES

ENEC (2019): Estrategia Nacional de Economía Circular. Cierre de ciclos en sectores productivos.

Documentos CONPES: Articulación con Gestión de Residuos y Cambio Climático. Mesas sectoriales y agendas regionales.



IMPULSO A LA I+D+i

Política Nacional CTel (CONPES 4069): Innovación para el desarrollo sostenible. Incentivos a la innovación empresarial y academia-empresa.

Programas Minciencias: Fomento a la Ecoinnovación. Nuevos materiales y modelos de negocio circulares.

2.2

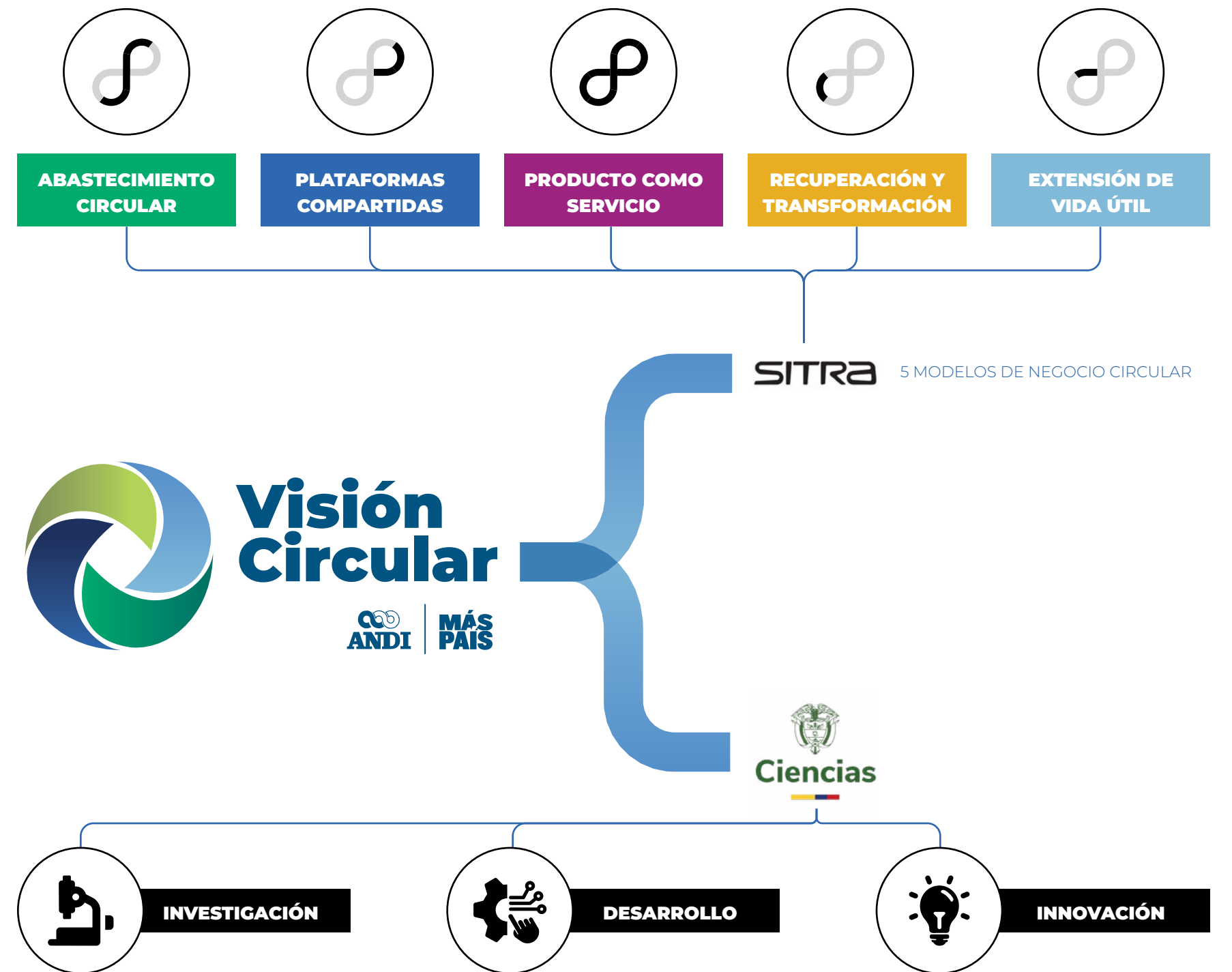
MODELOS DE NEGOCIO CIRCULAR SEGÚN SITRA

Desde el informe reportado en 2023 (con corte a 2022), Visión Circular – ANDI ha mantenido como eje conceptual que la transición hacia la economía circular exige innovaciones no solo tecnológicas, sino también en los modelos de negocio. En esa misma línea, el fondo finlandés de innovación SITRA, en colaboración con Deloitte, ha identificado cinco modelos de negocio circular principales aplicables a cadenas de valor manufactureras. Estos cinco enfoques estratégicos abarcan desde el suministro de materiales hasta el fin de la vida útil, y sirven para reformular el uso de los recursos, optimizar la utilización de los productos, extender su ciclo de vida y recuperar el valor de los residuos.

A continuación, se describen cada uno de ellos:



Figura 2. Modelos de negocio circular - SITRA





Abastecimiento circular

Se enfoca en proveer insumos completamente renovables, reciclados o biodegradables en las etapas de compras y producción. Consiste en sustituir materias primas vírgenes por materiales secundarios o sostenibles, reduciendo el impacto ambiental desde el origen de la cadena de suministro. Por ejemplo, usar resinas plásticas recicladas en la fabricación de envases en lugar de polímeros vírgenes, o emplear biomateriales compostables. Este modelo busca minimizar la extracción de recursos naturales y “cerrar el ciclo” de los materiales desde el inicio.



Plataformas compartidas

Su objetivo es maximizar la utilización de productos facilitando el acceso por encima de la propiedad. A través de plataformas colaborativas de alquiler, reutilización o intercambio, varios usuarios pueden compartir un mismo bien, disminuyendo la necesidad de producir unidades adicionales. En el ámbito de envases, un ejemplo es la implementación de sistemas compartidos de envases retornables o rellenables para múltiples empresas o consumidores. Este modelo de economía colaborativa mejora la eficiencia de uso de los activos y reduce el volumen de nuevos empaques necesarios.



Producto como servicio

Implica un cambio de paradigma donde el cliente paga por el servicio o la función que provee un producto, en vez de comprar el producto en sí. La empresa mantiene la propiedad del bien y se responsabiliza de su mantenimiento, recuperación y final de vida útil, lo que incentiva la durabilidad y reutilización. En envases, un ejemplo es el alquiler de contenedores o pallets reutilizables gestionados por el proveedor como servicio logístico. Este modelo orientado al desempeño (p. ej., “luz como servicio” en vez de vender bombillas) promueve que los fabricantes diseñen productos más robustos y recuperables, cerrando el ciclo mediante la recolocación o el reciclaje tras su uso.



Extensión de vida útil

Busca prolongar al máximo la vida de los productos y sus componentes mediante estrategias de reparación, reacondicionamiento, remanufactura y reventa en mercados secundarios. En este modelo, las empresas implementan servicios posventa avanzados y segundas vidas para sus productos. Para envases y empaques, esto puede traducirse en sistemas de reutilización (por ejemplo, lavado y reintroducción de botellas de vidrio) o en el reacondicionamiento de embalajes industriales para nuevos ciclos de uso. Al extender los ciclos de vida, se reduce la frecuencia de reposición de productos y la generación de residuos asociados.



Recuperación y transformación

Se enfoca en recuperar los materiales al final de la vida útil de productos y reintroducirlos en la cadena de valor mediante reciclaje, compostaje u otras formas de valorización. Incluye la logística inversa para recolectar residuos de envases y su posterior procesamiento en materias primas secundarias (p. ej., polímeros reciclados, fibras recicladas) que puedan emplearse en nuevos productos. También contempla la valorización energética cuando el reciclaje material no es viable, aunque la prioridad en economía circular es mantener el valor material. Este modelo requiere infraestructuras de recuperación robustas y mercados para materiales reciclados. Un ejemplo emblemático es la iniciativa de reciclaje químico de plásticos difíciles de reciclar mecánicamente, convirtiéndolos nuevamente en insumos petroquímicos. En síntesis, la recuperación y transformación cierra el ciclo devolviendo recursos al proceso productivo, evitando que terminen como desperdicio.

Estos cinco modelos, propuestos en la metodología SITRA (Circular Economy Playbook), no son excluyentes y a menudo pueden combinarse dentro de una misma estrategia empresarial. Por ejemplo, una empresa de bienes de consumo podría simultáneamente rediseñar sus empaques con materiales reciclados (abastecimiento circular), implementar envases retornables compartidos entre múltiples clientes (plataformas compartidas) y ofrecer la recogida y reciclaje de sus productos al final de su uso (recuperación y transformación). El resultado es un modelo de negocio más resiliente y sostenible, que genera valor económico al mismo tiempo que contribuye a las metas ambientales de reducción de residuos y emisiones.



Figura 3. Modelos de negocio circular en la cadena de valor



Este enfoque se centra en aumentar la duración de los productos mediante reparación, reacondicionamiento, reutilización y remanufactura, reduciendo la necesidad de fabricar nuevos artículos.

EXTENSIÓN DE VIDA ÚTIL



Se concentra en recuperar valor de los residuos a través de la logística inversa. Esto implica la recolección y procesamiento de empaques y envases post-consumo para reintroducirlos en el ciclo de vida de los productos, ya sea mediante el reciclaje, compostaje, o la conversión en energía.

RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN



Se prioriza el uso sostenible de recursos en compras, manufactura y logística, minimizando el impacto ambiental mediante materiales reciclados o renovables y la optimización de procesos.

ABASTECIMIENTO CIRCULAR



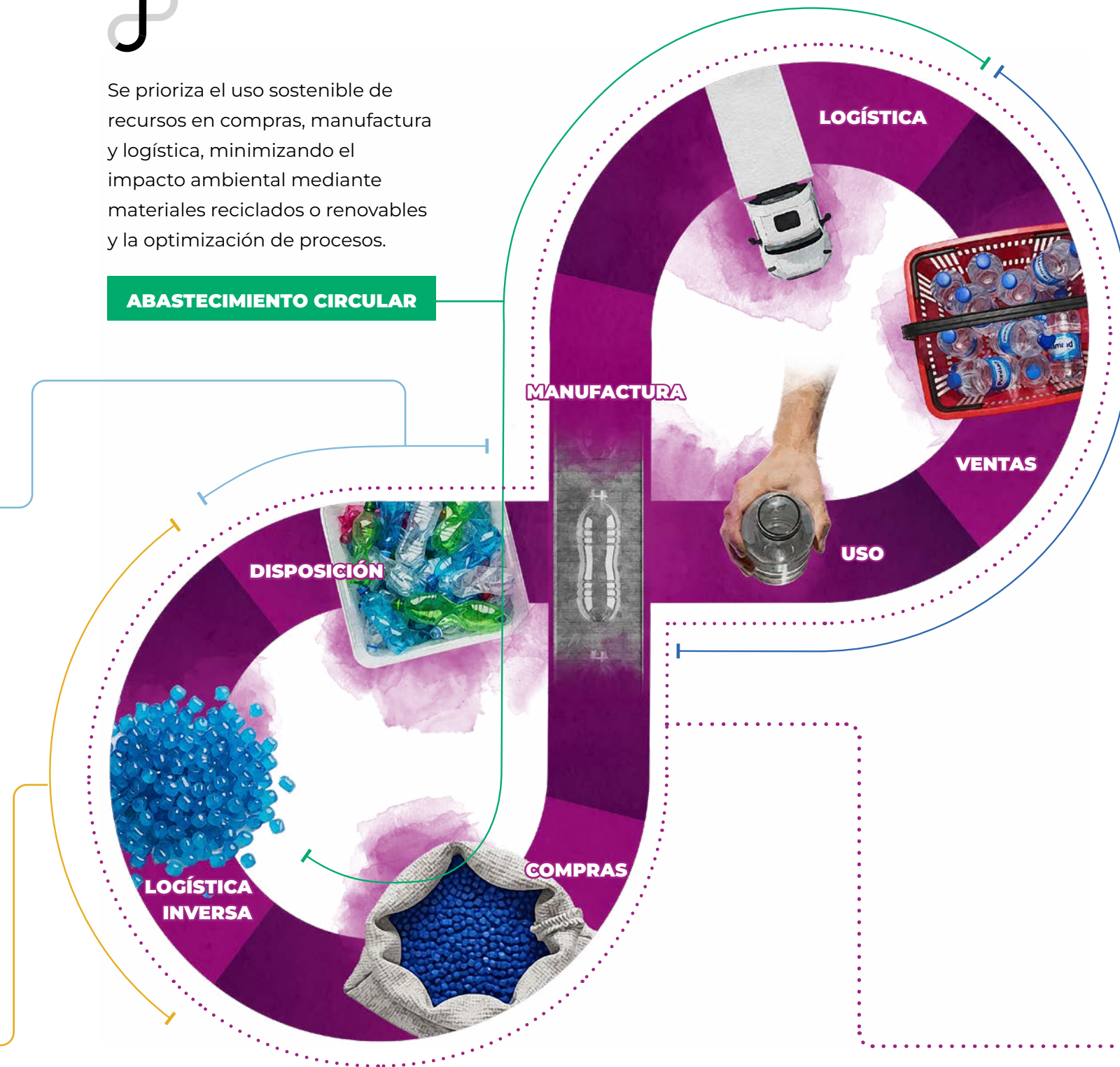
Busca maximizar la utilización de productos e infraestructuras a través del intercambio entre múltiples usuarios. Se basa en plataformas digitales o modelos colaborativos para optimizar los recursos disponibles.

PLATAFORMAS COMPARTIDAS



En este modelo, en lugar de vender productos, las empresas ofrecen acceso o funcionalidad a través de servicios. Esto incentiva la durabilidad, el mantenimiento y la reutilización en lugar del consumo desechable.

PRODUCTO COMO SERVICIO



2.3

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE INNOVACIÓN (MANUAL DE OSLO)

El concepto de innovación en el ámbito empresarial ha sido estandarizado por organismos internacionales como la OCDE, y adoptado por entidades nacionales como MinCiencias. De acuerdo con la definición clásica del Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018), una innovación es “la introducción de un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado, un proceso nuevo o significativamente mejorado, un nuevo método de comercialización, o un nuevo método organizativo en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores” (OECD/Eurostat, 2018). Esta definición, que también guía la política nacional de ciencia, tecnología e innovación en Colombia (MinCiencias), destaca cuatro tipos de innovación principales y una serie de actividades transversales:

Innovación de producto

Introducción de un bien o servicio nuevo o sustancialmente mejorado en sus características o usos. Incluye mejoras significativas en desempeño técnico, materiales,

componentes o software embebido del producto. Por ejemplo, el desarrollo de un envase inteligente biodegradable con propiedades barrera mejoradas sería una innovación de producto.

Innovación de proceso

Implementación de un método de producción o distribución nuevo o mejorado significativamente. Implica cambios importantes en técnicas, equipos, o software utilizados para producir bienes o brindar servicios. Un ejemplo sería la adopción de un proceso automatizado de clasificación y reciclaje de residuos de envases que incremente la eficiencia y la calidad del reciclaje.

Innovación de mercadotecnia (marketing)

Aplicación de un nuevo método de comercialización que suponga cambios significativos en la forma de promover, posicionar o fijar precios de un producto. Por ejemplo, el rediseño ecológico del empaque como parte de una es-

trategia de marketing verde, o el uso de una plataforma digital novedosa para la venta y recolección de envases reutilizables, serían innovaciones de marketing si representan enfoques novedosos en la empresa.

Innovación organizativa

Adopción de un nuevo método organizativo en las prácticas de negocio, la organización del trabajo o las relaciones externas de la empresa. Esto puede abarcar nuevos modelos de gestión, esquemas de colaboración o estructuras organizacionales orientadas a mejorar la eficiencia o la capacidad innovadora. Un ejemplo sería la creación de una alianza inter-empresarial (cadena de valor compartida) para la gestión conjunta de residuos de empaque, implicando cambios organizativos en la relación con proveedores y recicladores.

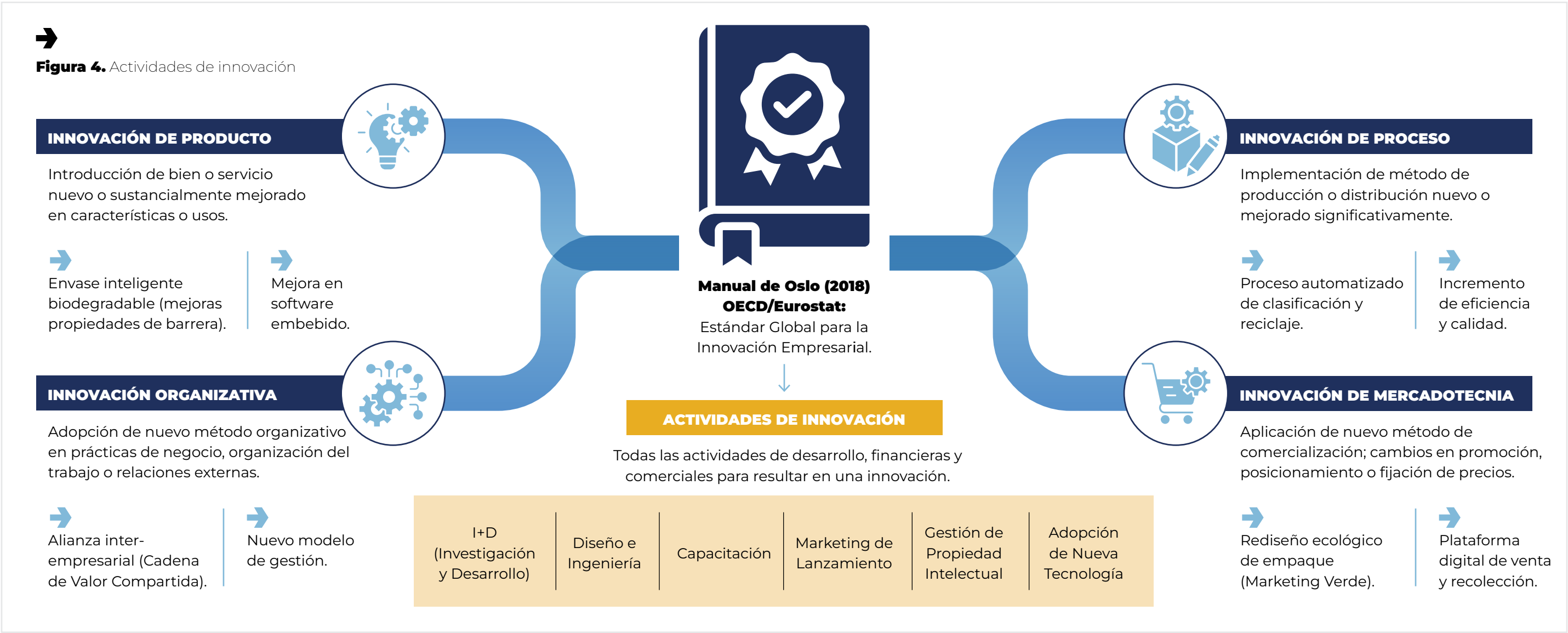
Actividades de innovación (tipos de actividades relevantes)

Adicionalmente, el Manual de Oslo (2018) enfatiza que las actividades de innovación abarcan “todas las actividades de desarrollo, financieras y comerciales emprendidas por la empresa con el objetivo de resultar en una innovación”. Es decir, no solo el resultado innovador en sí, sino todo el proceso y esfuerzo detrás. Estas actividades de innovación incluyen, entre otras, la investigación y desarrollo (I+D), el diseño,

la ingeniería, la capacitación, el marketing de lanzamiento, la gestión de la propiedad intelectual y la adopción de nueva tecnología, siempre que estén orientadas a la creación o implementación de innovaciones (OECD/Eurostat, 2018). En la sección 2.6 se detallan las principales tipologías de actividades de innovación identificadas internacionalmente.

MinCiencias, alineado con estas definiciones internacionales, entiende la innovación de manera integral, cubriendo innovaciones de producto, de proceso, organizativas

y de marketing, e incluso la innovación social. Asimismo, en sus convocatorias y lineamientos, MinCiencias adopta la clasificación de proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i) según la naturaleza de la actividad (investigación básica, aplicada, desarrollo experimental o proyectos de innovación productiva), lo cual se detalla en la siguiente sección. Esta alineación garantiza que las iniciativas de innovación en Colombia sean comparables a las internacionales y cumplan con estándares rigurosos en su definición y alcance.



2.4

TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS DE CTEI Y NIVELES DE MADUREZ TECNOLÓGICA (TRL)

En el ámbito de la política pública colombiana y los marcos internacionales, los proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) se clasifican por su finalidad y el grado de desarrollo tecnológico involucrado. Las categorías principales de proyectos CTeI, comúnmente reconocidas, son: investigación básica, investigación aplicada, desarrollo tecnológico experimental (a veces denominado simplemente desarrollo experimental), y proyectos de innovación en sentido estricto. Cada tipo se asocia a ciertos niveles de madurez de la tecnología o Technology Readiness Levels (TRL), una escala de 1 a 9 utilizada para medir el progreso desde la idea inicial hasta la solución implantada

Investigación básica

Comprende trabajos teóricos o experimentales destinados a generar nuevos conocimientos fundamentales, sin una aplicación práctica inmediata en vista. Corresponde a los primeros estadios de desarrollo tecnológico – típicamente TRL 1 (principios básicos observados) y TRL 2 – en los que se exploran fenómenos y principios científicos esenciales. En esta fase no existe todavía un prototipo ni aplicación concreta; se trata del entendimiento de bases científicas que luego permitirán innovaciones (COLCIENCIAS, 2016, citado en).

Investigación aplicada

Consiste en trabajos originales dirigidos hacia un objetivo práctico específico o la resolución de un problema concreto, a partir del conocimiento existente. Se ubica en niveles de madurez inicial-intermedio (aproximadamente TRL 2-3). En esta etapa se formula el concepto tecnológico y se empiezan a validar los principios en un contexto de laboratorio o entorno controlado (por ejemplo, identificar un material alternativo para envases y probar su viabilidad a pequeña escala).

Desarrollo tecnológico experimental

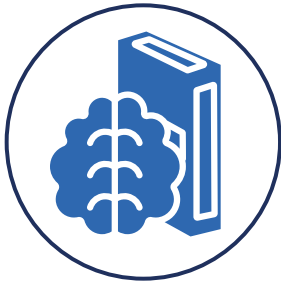
Abarca la aplicación de los conocimientos científicos para la producción de prototipos, pruebas piloto y experimentación con vistas a mejorar productos o procesos. Es una fase de validación y refinamiento de la tecnología en condiciones cercanas a las reales, cubriendo aproximadamente TRL 4-6. Aquí se construyen y evalúan modelos o prototipos en entornos de laboratorio o entornos relevantes simulados, demostrando la funcionalidad de la innovación (por ejemplo, un prototipo de empaque biodegradable probado en condiciones reales de uso). Se trata de reducir la incertidumbre técnica antes de escalar la solución.

Innovación (producto, proceso, organizativa, marketing)

Corresponde a los proyectos orientados a la implementación de nuevos productos, procesos o servicios en condiciones reales de operación, incluyendo etapas de demostración comercial y lanzamiento al mercado. Suele englobar los niveles TRL 7-9, donde la tecnología se prueba en entornos operativos reales y finalmente se considera completamente lista para su difusión masiva. En TRL 7-8 se realizan demostraciones a escala precomercial o pilotos industriales, y en TRL 9 la tecnología está totalmente desarrollada y operativa, lista para su adopción comercial a gran escala. Un ejemplo sería un nuevo sistema de reutilización de envases implementado en una cadena de supermercados a nivel nacional (demostrando viabilidad técnica y económica en operación real).



Tabla 1. Tipos de productos de CTel
(según tipología MinCiencias)

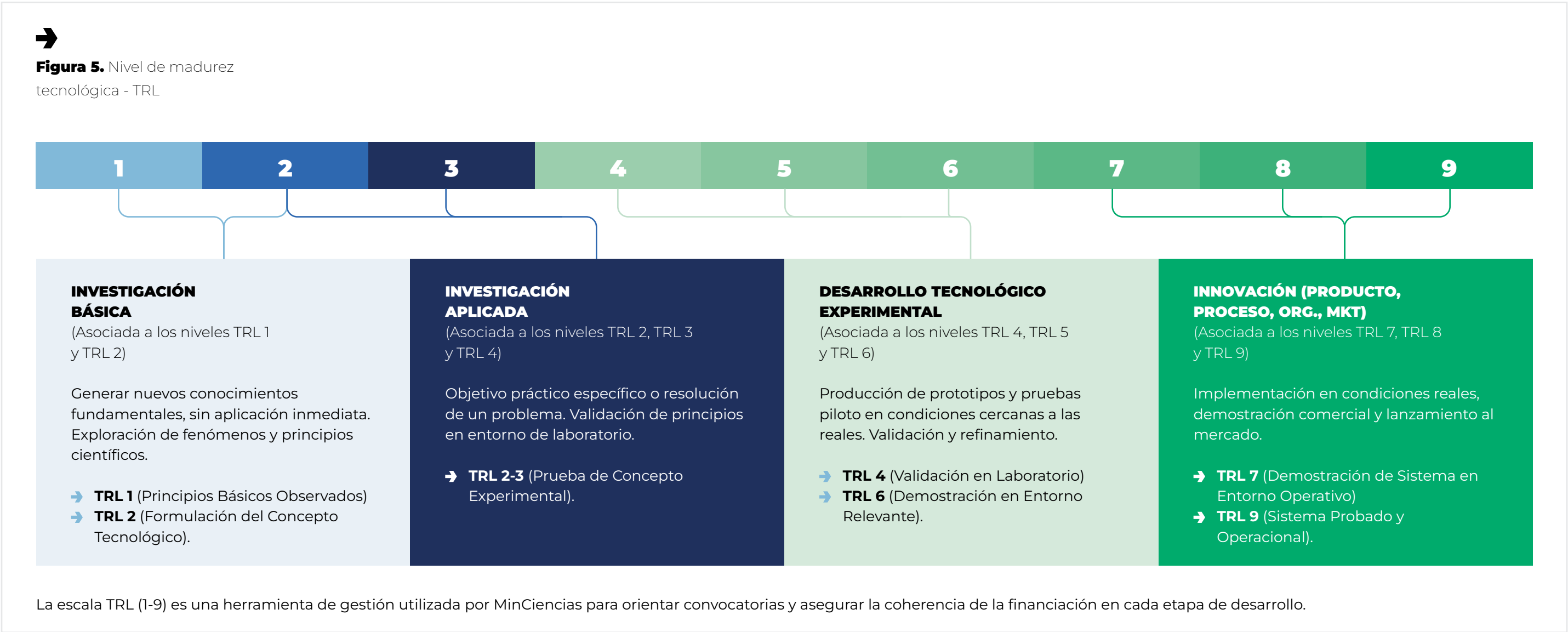


GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO	TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y DESARROLLO	APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO Y DIVULGACIÓN PÚBLICA	FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA LA CTEI
Artículos en revistas indexadas (A1, A2, B y C)	Productos tecnológicos certificados o validados	Procesos de apropiación social del conocimiento	Direcciones de tesis de Doctorado
Artículos de investigación	Productos empresariales	Circulación de conocimiento especializado	Direcciones de trabajo de grado de maestría
Notas científicas	Regulaciones, normas, reglamentos o legislaciones	Divulgación pública de la CTel	Direcciones de trabajo de pregrado
Libros resultados de investigación	Conceptos técnicos	Producción bibliográfica	Proyectos:
Capítulos en libro resultado de investigación	Registros de acuerdos de licencia para explotación de obras de investigación + creación (artes, arquitectura y diseño)	Libros de formación	- Proyectos de investigación y desarrollo. - Proyectos de investigación-creación. - Proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) - Proyectos de extensión y de responsabilidad social en CTel - Apoyos a la creación de programas y cursos de formación de investigadores - Acompañamientos y asesorías (Programa Ondas)
Productos tecnológicos patentados o en proceso de solicitud de patente	Registro invenciones implementadas por computador		
Variedades vegetales, nuevas razas animales y poblaciones mejoradas de razas pecuarias	Productos y/o prototipos mínimos viables		
Productos resultados de la creación o investigación-creación	Desarrollo de sistemas, procesos y procedimientos basados en innovaciones radicales o incrementales		

Niveles de madurez tecnológica (TRL 1-9) y su uso en la clasificación de proyectos

Es importante destacar la utilidad de la escala TRL como herramienta de gestión: fue originalmente desarrollada por la NASA en los años 1970 y ha sido adoptada ampliamente (UE, DoD EE.UU., Minciencias, etc.) para evaluar el grado de madurez de proyectos de I+D+i. En Colombia, MinCiencias emplea los TRL para orientar convocatorias y

seguimiento de proyectos, asegurando coherencia entre el tipo de financiación otorgada y la etapa de desarrollo tecnológico del proyecto (p. ej., apoyos específicos para investigación básica vs. incentivos para proyectos en demostración pre-comercial). Este enfoque permite asignar recursos eficientemente, apoyando proyectos desde la concepción científica inicial hasta su escalamiento industrial, de acuerdo con la visión de sostenibilidad e innovación del país.



2.5

CATEGORÍAS FUNCIONALES PARA IDENTIFICAR EL TIPO DE INNOVACIONES EN LOS PROCESOS DE NEGOCIO

Una innovación de proceso de negocio puede ocurrir en distintas funciones o áreas empresariales. El Manual de Oslo (2018) define ocho funciones básicas de la empresa donde pueden introducirse innovaciones de procesos, denominadas categorías funcionales de procesos de negocio. Comprender estas categorías ayuda a identificar en qué parte de la cadena de valor interna se producen las mejoras. Las principales son las siguientes:

Producción de bienes o servicios

Actividades centrales de transformación de insumos en productos (incluyendo ingeniería de producción, pruebas técnicas, control de calidad, etc.). Innovaciones aquí pueden ser nuevos métodos de manufactura, automatización avanzada, técnicas de producción más limpias, etc. (ej. producción de envases mediante impresoras 3D con material reciclado).

Distribución y logística

Abarca el transporte, almacenamiento, gestión de inventarios y procesamiento de pedidos. Las innovaciones logísticas incluyen sistemas optimizados de entregas, rutas inteligentes, centros de distribución automatiza-

dos, o modelos de logística inversa más eficientes para retornos y reciclaje de productos (p. ej., una plataforma digital para optimizar la recolección de empaques post-consumo).

Marketing y ventas

incluye actividades y métodos para promocionar y vender productos. Aquí una innovación de proceso podría ser la implementación de big data y analítica para personalizar campañas de marketing, el uso de realidad aumentada para ventas, o nuevas estrategias de packaging inteligente que interactúa con el consumidor (notar que cuando la práctica de marketing en sí es novedosa se categoriza como innovación de marketing en la clasificación de tipos, pero en términos de proceso interno de negocio también se considera una función innovable).

Sistemas de información y comunicación

Se refiere al mantenimiento y provisión de sistemas informáticos y de telecomunicaciones que soportan al negocio. Incluye innovaciones en software empresarial, bases de datos, infraestructura IT y soluciones digitales internas. Por ejemplo, la adopción de un sistema inte-

gral de trazabilidad basado en blockchain para seguir la vida de cada lote de empaque sería una innovación de proceso en la función TIC.

Administración y gestión

Involucra los métodos de gestión estratégica, organización interna, toma de decisiones y estructuras de gobernanza. Las innovaciones aquí pueden ser la implantación de nuevas metodologías de gestión de proyectos (p. ej., agile en lugar de cascada), reingeniería de procesos administrativos, o sistemas de gestión de calidad total más efectivos.

Desarrollo de productos y procesos de negocio

Comprende las actividades de I+D, diseño e ingeniería dirigidas a la identificación, creación o mejora de productos y procesos empresariales. No se trata del output innovador (que sería la innovación de producto/proceso en sí), sino de la innovación en cómo se desarrollan internamente esos nuevos productos/procesos. Por ejemplo, la adopción de metodologías de innovación abierta o co-creación con clientes para el desarrollo de nuevos envases es una innovación en esta función.

Relaciones exteriores y redes de colaboración

(Aunque a veces englobada dentro de administración, es relevante distinguirla). Incluye la gestión de vínculos con otras organizaciones: alianzas, gestión de proveedores, co-innovación con socios, integración en clusters, etc. Una innovación en esta área podría ser la creación de una plataforma colaborativa sectorial (industria de envases) para compartir datos de reciclaje entre empresas y así optimizar la circularidad a nivel cadena de suministro.

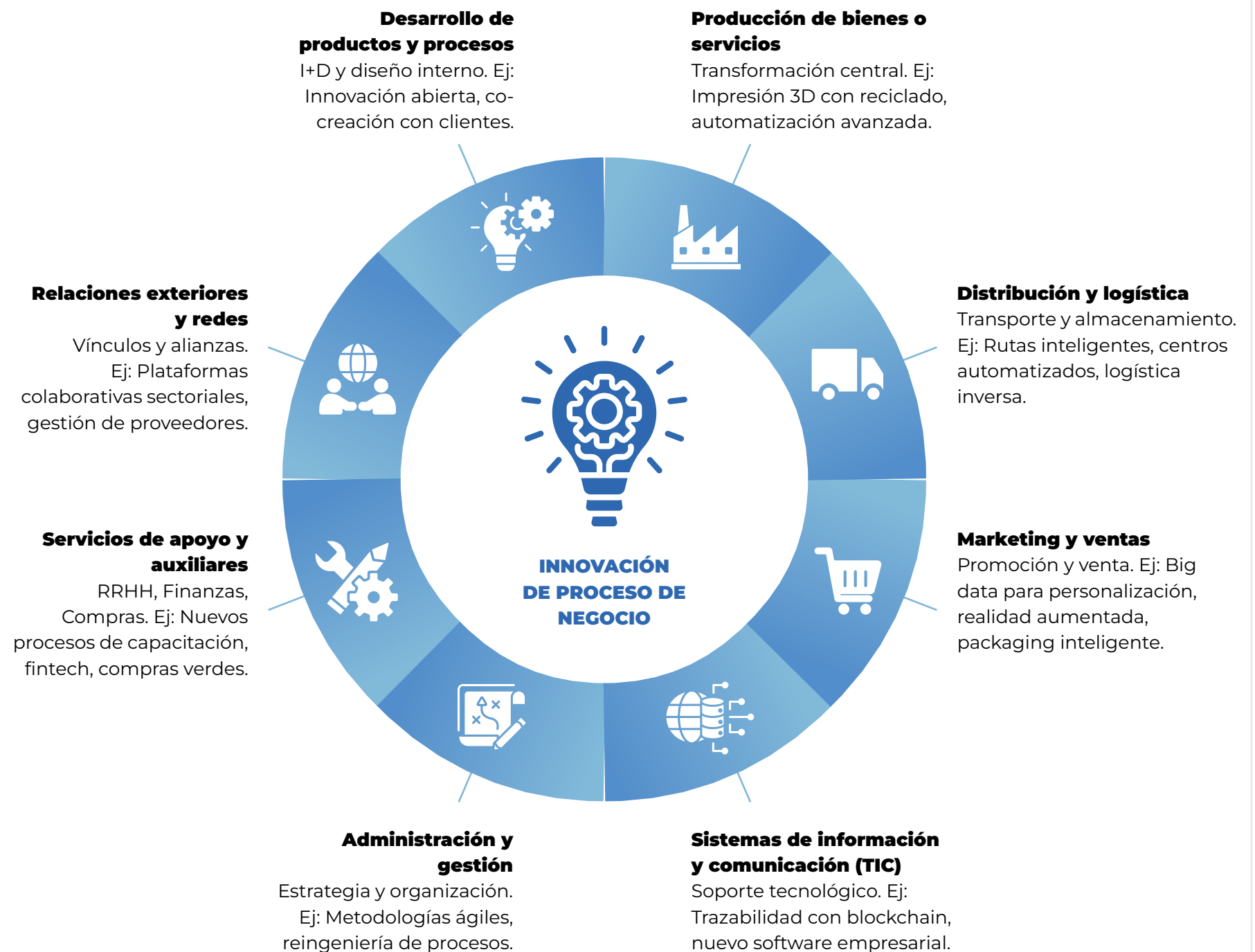
Servicios de apoyo y otras áreas auxiliares

Por ejemplo, recursos humanos (nuevos procesos de capacitación, reclutamiento), finanzas (introducción de fintech o blockchain en pagos), compras (adopción de compras verdes y circulares), entre otras. Cualquier función de soporte puede ser objeto de innovaciones de proceso que mejoren su eficacia.

Estas categorías funcionales (producción, logística, marketing, TIC, gestión, desarrollo, relaciones externas, soporte) sirven para mapear dónde se implementan las mejoras de procesos. Por ejemplo, una empresa podría reportar que su innovación fue en “procesos de producción y logística” si implementó una nueva tecnología de clasificación de materiales que afecta ambas funciones. Esta taxonomía proviene de las recomendaciones internacionales (OECD/Eurostat, 2018) y ha sido adoptada en Colombia para encuestas e informes de innovación, permitiendo comparar patrones de innovación por áreas funcionales del negocio.



Figura 6. Categorías funcionales para identificar innovaciones en procesos de negocio



2.6

TIPOS DE ACTIVIDADES RELEVANTES PARA LA INNOVACIÓN

Como complemento a la clasificación anterior, el Manual de Oslo 2018 describe ocho tipos de actividades que una empresa puede llevar a cabo en el proceso de innovación. Estas actividades representan inversiones o esfuerzos específicos orientados a desarrollar e implementar innovaciones. Identificarlas ayuda a las organizaciones y a los formuladores de políticas a entender dónde se concentran los recursos para innovar. Las ocho actividades relevantes son:

Investigación y desarrollo (I+D) experimental: Trabajo creativo y sistemático realizado para aumentar el conocimiento y concebir nuevas aplicaciones del saber. Comprende la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental orientado a innovación. Es la actividad central para generar inventos e ideas novedosas, cumpliendo con los criterios clásicos de novedad, creatividad, incertidumbre, sistematicidad y reproducibilidad (Manual de Frascati).

Ingeniería, diseño y otras actividades creativas: Actividades de diseño e ingeniería que, aunque estrechamente relacionadas con I+D, pueden no cumplir todos los criterios formales de I+D. Incluye ingeniería de proceso y de producción (p.ej. pruebas piloto, planificación técnica, elaboración de prototipos), diseño industrial y de servicios (estético y funcional), e incluso trabajos creativos de

ideación y desarrollo de conceptos innovadores. Son esfuerzos prácticos para convertir ideas en realidades tangibles, diferentes de la I+D porque pueden no implicar descubrimientos científicos nuevos sino aplicación creativa de los existentes.

Actividades de marketing y valor de marca: Investigación de mercados, pruebas de concepto con clientes, desarrollo de estrategias de marketing, publicidad y promoción relacionadas con el lanzamiento o posicionamiento de innovaciones. Incluye actividades previas al lanzamiento de un producto innovador (estudios de mercado, campañas piloto), así como marketing de marca corporativa vinculado a la innovación. No incluye el marketing rutinario de productos existentes, excepto cuando la forma de mercadear en sí misma constituye una innovación.

Actividades relacionadas con la propiedad intelectual: Todos los esfuerzos para proteger o explotar conocimientos derivados de la innovación mediante derechos de Propiedad Intelectual (PI). Incluye solicitar y gestionar patentes, modelos de utilidad, registros de diseño industrial, marcas, derechos de autor, trade secrets, etc., así como la adquisición de licencias o PI de terceros y la comercialización/licenciamiento de PI propia. Estas actividades aseguran la apropiabilidad de los beneficios de la innovación y fomentan la transferencia de tecnología.

Formación de empleados para la innovación: Capacitación y educación brindada al personal para desarrollar habilidades necesarias en la implementación o desarrollo de innovaciones. Por ejemplo, entrenar al equipo de planta en el uso de una nueva maquinaria de producción o capacitar a los ingenieros en una nueva metodología de ecodiseño. No incluye la formación general o rutinaria no ligada a proyectos innovadores. Es fundamental para la gestión del cambio interno al introducir innovaciones.

Desarrollo de software y bases de datos: Creación, adquisición o mejora de software y bases de datos que habilitan o son parte de las innovaciones. Dado el rol transversal de la digitalización, muchas innovaciones incluyen un componente de software (p. ej., desarrollo de una app para seguimiento de reciclaje de envases, o la implementación de un ERP avanzado). Esta categoría abarca desde el desarrollo interno de nuevas herramientas digitales, hasta la compra o adaptación de software existente, incluyendo la gestión de big data vinculada a la innovación.

Adquisición de activos tangibles (equipos, maquinaria e infraestructura): Compra, arrendamiento o desarrollo interno de maquinaria, equipamiento, herramientas, hardware o instalaciones necesarios para realizar innovaciones. Por ejemplo, la inversión en una nueva línea de producción automatizada para fabricar un empaque in-

novador, o la compra de impresoras 3D para prototipado. Estas inversiones se consideran actividades de innovación si los activos adquiridos son significativamente diferentes a los existentes y habilitan nuevos procesos/productos. La simple reposición de equipos similares no califica. Esta categoría refleja la necesidad de capital físico para materializar muchas innovaciones.

Gestión de la innovación: Actividades dirigidas a planificar, organizar y gestionar los recursos internos y externos para la innovación. Incluye el establecimiento de estrategias y estructuras de gestión de la innovación, la asignación de fondos, la coordinación de equipos multidisciplinarios, la gestión de colaboraciones con socios (p. ej. universidades, centros de investigación), y los mecanismos de seguimiento y aprendizaje de los resultados innovadores. En esencia, es la implementación de sistemas de innovation management dentro de la empresa (gobernanza de la innovación). Aunque más intangible, es una actividad reconocida porque las prácticas de gestión influyen directamente en la eficiencia y éxito de los proyectos de innovación.

Cabe mencionar que la medición de la innovación en encuestas (p. ej., la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica – EDIT en Colombia) suele recabar información sobre cuánto invierten las empresas en cada una de estas actividades. Esto permite diagnosticar brechas: por ejemplo, si una industria invierte mucho en I+D pero poco en actividades de marketing para sus innovaciones, podría tener dificultades en comercializarlas. Al cubrir estas ocho categorías, se obtiene una visión completa del esfuerzo innovador más allá del resultado final de innovaciones (productos o procesos introducidos). La OECD y Eurostat recomiendan este desglose para comprender las dinámicas internas de la innovación empresarial.



Figura 7. Tipos de actividades relevantes para la innovación



Fuente: Manual de Oslo 2018. Recomendado por OECD y Eurostat para comprender las dinámicas internas de la innovación empresarial. La medición permite identificar dónde se concentran los recursos.

3.

PLAN DE INNOVACIÓN VISIÓN CIRCULAR



Sistema de implementación, seguimiento
y mejora continua.....30

Portafolio e indicadores 2025.....33



Desde el inicio del Plan de Innovación, el seguimiento periódico de indicadores e hitos ha generado lecciones aprendidas que motivan ajustes iterativos bajo el ciclo PHVA (planear-hacer-verificar-actuar). El objetivo es fortalecer el impacto del programa Visión Circular sobre el cierre de ciclo de envases, empaques y plásticos de un solo uso, así como sobre los beneficios para los diferentes miembros del colectivo.

La estrategia comenzó a diseñarse en 2021 con base en la normativa de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y tres preguntas rectoras: ¿qué tendencias afectan las industrias y mercados relevantes?, ¿dónde podemos aportar valor? y ¿cómo podemos hacerlo?

De ese análisis se consolidó un mapa de 10 necesidades:

- 1 Modelos de negocio circulares y sostenibles basados en nuevos materiales y en el reúso de materiales recuperados.
- 2 Atracción de recursos financieros adicionales a los de los miembros del colectivo, para asegurar la sostenibilidad del portafolio.
- 3 Aprovechamiento de materiales actuales y emergentes a lo largo de la cadena de valor de envases y empaques.

- 4 Gobernanza y Oficina de Proyectos para centralizar la planeación, ejecución y gestión de la Hoja de Ruta, articulando a todos los grupos de interés.
- 5 Inteligencia y evidencia (buenas prácticas, tecnologías y modelos de negocio) disponible para todos los actores.
- 6 Espacios de testeo, apropiación y prototipado de materiales y soluciones.
- 7 Trabajo digno y tecnificación de recolectores, aumentando tasas de recuperación.
- 8 Comunicación segmentada e innovadora por públicos de interés.
- 9 Actualización periódica de necesidades de los actores de la cadena.

- 10 Participación técnica en marcos regulatorios e incentivos para envases y empaques.

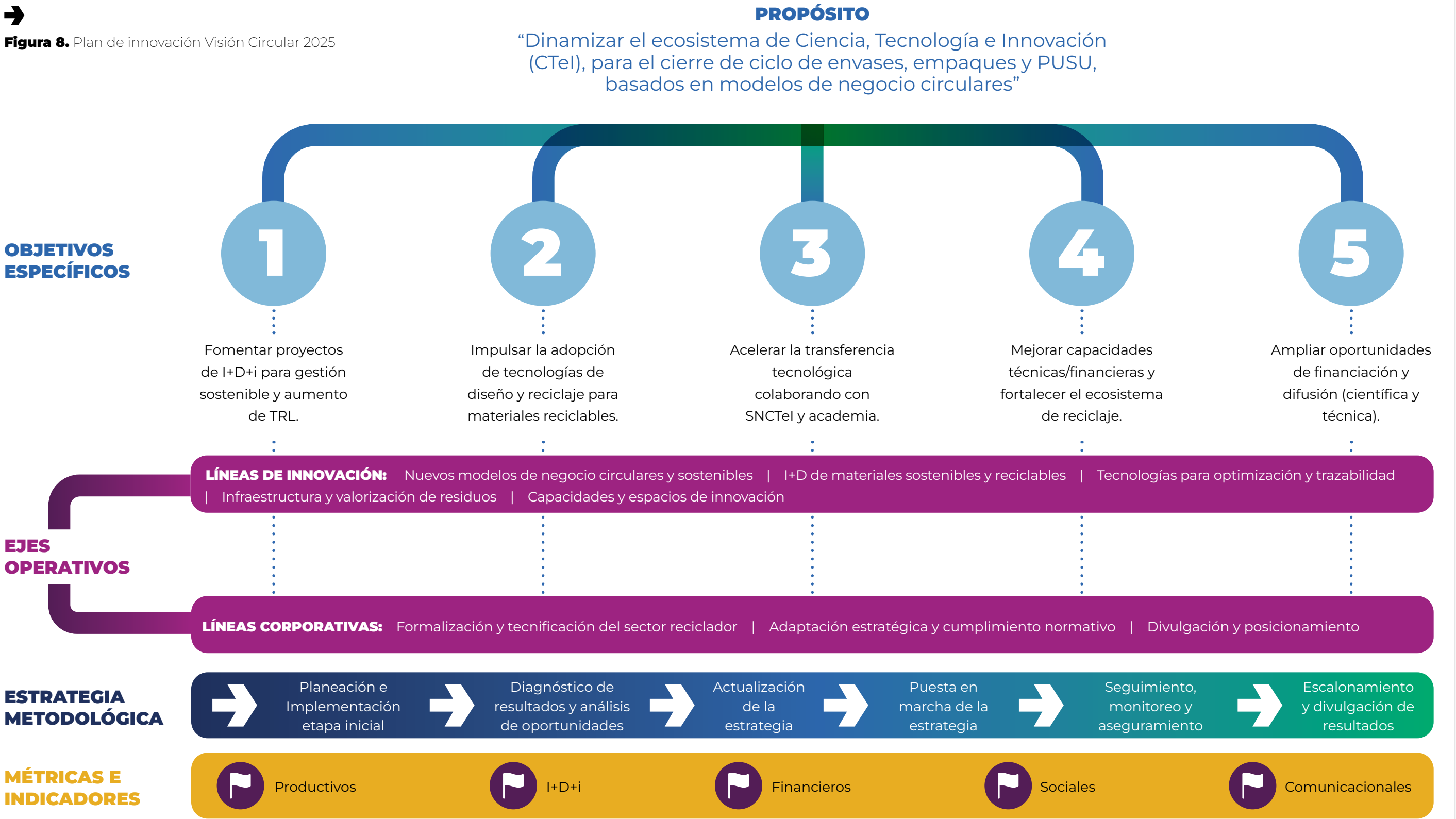
Estas premisas fueron la base para la estrategia metodológica y la posterior actualización del plan de 2025. En este periodo se inició su implementación a través de las convocatorias realizadas y ejecutadas en el periodo 2022-2024 con el siguiente desarrollo:

La implementación robusta se activó a través de convocatorias de I+D+i. En 2022, cuando el programa aún se denominaba Visión 30/30, se recibieron alrededor de 100 propuestas; tras evaluación y contratación gradual, se financiaron 10 inicialmente y luego se amplió el grupo objetivo a 17 proyectos, con una inversión aproximada de \$2.325 millones COP desde el programa. La ejecución se extendió hasta 2024 y, en algunos casos, a 2025. Los beneficiarios aportaron contrapartidas que no superaron el 30% en promedio; aun así, se consolidaron más de 80 productos I+D+i y un incremento estimado de capacidades productivas de unas 768 t/año de material.

Estos aprendizajes sustentan la actualización del plan 2025, formalizada en el documento Plan de Innovación – Visión Circular ANDI 2025, el cual ya se encuentra construido y se mantiene en permanente actualización, incorporando de manera continua ajustes a partir de los avances del programa, la evolución normativa y los aprendizajes derivados de la implementación.



Figura 8. Plan de innovación Visión Circular 2025



Esta estructura parte de la definición del propósito del plan y sus respectivos objetivos específicos actualizados como se describen a continuación:

“Dinamizar el ecosistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel), para el cierre de ciclo de envases, empaques y PUSU, basados en modelos de negocio circulares”

Objetivos específicos del Plan de Innovación:

- 1. Fomentar proyectos de I+D+i que optimicen la gestión sostenible de residuos de envases, empaques y plásticos de un solo uso, desde el diseño hasta la valorización, enfatizando el cierre de ciclo y el aumento de TRL.
- 2. Impulsar la adopción y el escalamiento de tecnologías para el diseño, la producción y el reciclaje, priorizando materiales reciclables, biodegradables o de alta reciclabilidad.
- 3. Acelerar la transferencia tecnológica y el escalamiento de iniciativas mediante la colaboración con el SNC-Tel y la academia, con impacto sectorial y territorial.
- 4. Mejorar las capacidades técnicas, operativas y financieras de productores, recicladores y gestores, incorporando procesos de formalización, trazabilidad y encadenamientos productivos, para fortalecer el ecosistema de reciclaje.

- 5. Ampliar las oportunidades de financiación y de difusión (científica, técnica y comercial) para escalar y replicar resultados.

A partir de aquí, se evalúan y se redefinen las líneas de acción estratégicas de la siguiente manera:

Líneas de Innovación:

- 1. Nuevos modelos de negocio circulares y sostenibles. Productos como servicio, plataformas de intercambio y reúso; priorización de materiales avanzados, reciclados y biodegradables, alineados con Ley 2232 de 2022.
- 2. Tecnologías para optimización y trazabilidad. Blockchain, IA y sistemas ciberfísicos para trazabilidad y eficiencia; cumplimiento de Resolución 1342 de 2020.
- 3. I+D de materiales sostenibles y reciclables. Reciclaje químico, biomateriales y sustratos no poliméricos; cumplimiento de Resolución 1407 de 2018.
- 4. Infraestructura y valorización de residuos. Integrar ecodiseño, tecnologías de reciclaje y producción más limpia para aumentar reincorporación efectiva; alineación con Resolución 803 de 2024.
- 5. Capacidades y espacios de innovación. Laboratorios de economía circular para simulación, testeo, prototipado y formación SNCTel.



Figura 9. Líneas de innovación Visión Circular



Líneas corporativas:

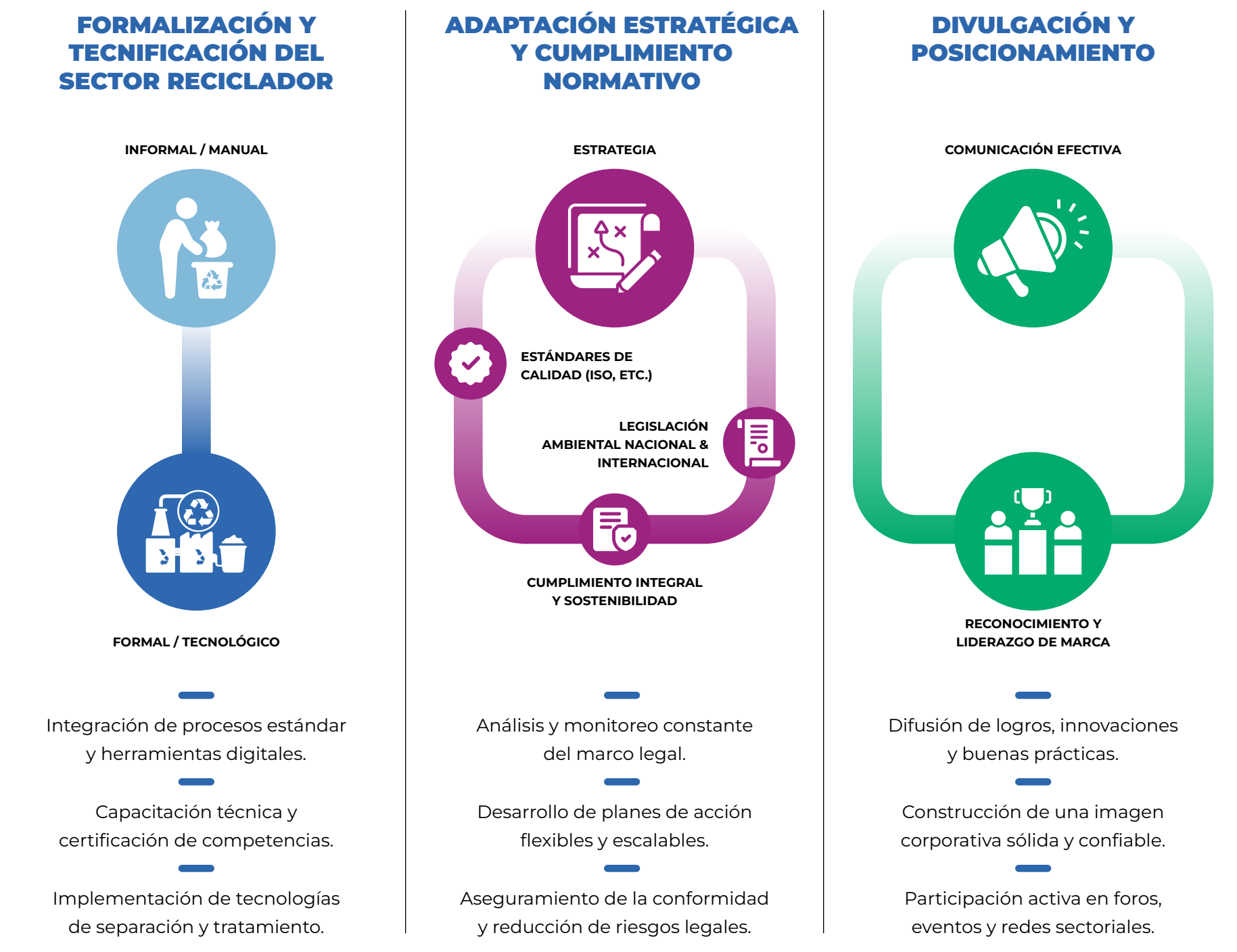
1. Formalización y tecnificación del sector reciclador. Infraestructura digital, herramientas para conexión recolectores–recicladores y condiciones laborales dignas (transición justa).
2. Adaptación estratégica, y cumplimiento normativo. Implementar analítica para rastrear cambios regulatorios y del mercado en tiempo real, orientar la toma de decisiones y asegurar el cumplimiento, con énfasis en la Ley 2232 de 2022 (reducción progresiva de plásticos de un solo uso), la Resolución 1342 de 2020 y la Resolución 803 de 2024, fortaleciendo además la obtención y sostenimiento del Certificado de Economía Circular como evidencia de desempeño y mejora continua.
3. Divulgación y posicionamiento. Atracción de inversión y difusión de casos de éxito en medios académicos y comerciales.

Con base en estas nuevas líneas estratégicas, en los aprendizajes derivados del plan anterior y en los resultados obtenidos en la convocatoria 2023–2025, se estructuró la nueva convocatoria y las metas del periodo 2025–2027. Tras la postulación de más de 60 iniciativas y un proceso de evaluación técnica rigurosa, se seleccionaron 9 proyectos con una proyección de resultados que supera los 130 productos de I+D+i de alto impacto. En términos financieros, durante 2025 se alcanzó una ratio de cofinanciación de 0,42, lo que significa que, por cada millón aportado por Visión Circular, se movilizaron \$420.000 adicionales mediante fuentes externas y contrapartidas equivalente a \$955.612.220 financiados por Visión Circular y \$402.128.096 movilizados mediante contrapartidas de los beneficiarios y/o fuentes de financiación externas, para una inversión total de \$1.357.740.316.



Figura 10. Líneas corporativas

Visión Circular



3.1

SISTEMA DE IMPLEMENTACIÓN, SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Visión Circular – ANDI asegura que su Plan de Innovación y su portafolio de iniciativas se ejecuten con trazabilidad, disciplina de gestión y aprendizaje permanente, desde la planeación hasta la entrega de resultados. A través de la Oficina de Proyectos de Visión Circular, se articula un sistema integral de implementación y control que combina enfoques predictivos y ágiles, soportado por herramientas digitales colaborativas, automatización y tableros de gestión para monitorear el avance físico, financiero y de impacto. Este sistema se complementa con un marco de indicadores (KPI) de I+D+i, productivos, financieros, sociales y de comunicación, que permite consolidar resultados a nivel de proyecto y del plan en su conjunto, fortalecer la toma de decisiones y garantizar un ciclo continuo de seguimiento, ajuste y mejora, alineado con las prioridades de innovación, sostenibilidad y cumplimiento regulatorio del programa.

Seguimiento, monitoreo y aseguramiento

La Oficina de Proyectos (PMO) de Visión Circular ha implementado una metodología robusta, alineada con los estándares del Project Management Institute (PMI) y adaptada específicamente a las dinámicas de innovación, sostenibilidad y cumplimiento regulatorio del ecosistema de la Economía Circular en Colombia. Este enfoque garantiza la gestión eficiente y la trazabilidad del valor a lo largo de todo el ciclo de vida del portafolio:

Enfoque de gestión predictivo: La PMO de Visión Circular aplica un enfoque de gestión principalmente tradicional (predictivo), acorde con la naturaleza de los proyectos financiados, que requieren alta trazabilidad técnica, financiera y de cumplimiento regulatorio.

- Metodología tradicional (predictiva): Se utiliza para proyectos de mediano y largo plazo con alto componente técnico, normativo o de inversión —por ejemplo, el diseño de plantas de retornabilidad o estudios de viabilidad legal—, permitiendo una planificación detallada y el control de alcance, cronogramas (Gantt), presupuesto y riesgos. La aplicación del Marco Lógico es clave para asegurar la alineación con los resultados esperados y con el marco normativo ambiental (Resoluciones 1407 de 2018, 1342 de 2020 y 803 de 2024).
- Herramientas de gestión visual: De manera complementaria, se emplean tableros para organizar tareas, visualizar flujos de trabajo, controlar pendientes y dar seguimiento a entregables y compromisos, facilitando la coordinación entre actores y la gestión operativa sin reemplazar el enfoque predictivo del portafolio.

Indicadores clave de desempeño (KPIs)

El trabajo conjunto de la PMO se ha enfocado en la convocatoria 2025 - 2027 en fortalecer y crear una línea de

seguimiento y obtención de resultados más fuerte, en comparación con la convocatoria anterior.

Los indicadores definidos para la convocatoria abarcan dimensiones productivas, de I+D+i, financieras, sociales y de comunicación, con el propósito de medir de manera integral el desempeño y el impacto agregado de la convocatoria, más allá del cumplimiento de las metas individuales de cada proyecto. Para lograrlo, la PMO ha desarrollado un proceso de acompañamiento técnico personalizado con los beneficiarios, orientado a afinar metas, mejorar la coherencia entre actividades-productos-resultados y asegurar que las mediciones sean realistas, verificables y comparables entre iniciativas. Aunque en algunos casos puntuales aún se requieren ajustes menores, el marco de indicadores se encuentra consolidado y alineado con los objetivos del Plan de Innovación.

Para el seguimiento periódico, se establecieron formatos y mecanismos de reporte que permiten a los beneficiarios registrar sus avances de forma estructurada, facilitando la validación, la trazabilidad y la consolidación de información a nivel de portafolio. En conjunto, este sistema fortalece la gestión por resultados al soportar la toma de decisiones, la priorización de acciones, el acceso a recursos y la sostenibilidad del plan en el tiempo. La consolidación de estos mecanismos reafirma el compromiso de Visión Circular – ANDI con la mejora continua, el fortalecimiento institucional y la transición hacia una economía circular efectiva e inclusiva.

Tabla 2. Indicadores productivos

Indicadores globales	Descripción	Unidad
Material posconsumo reciclado/reincorporado	Cantidad de material posconsumo reincorporado	kg
Incremento en capacidad productiva	Nueva capacidad productiva generada por el proyecto	kg
Material (envases y empaques) retornados	Cantidad de material evitado para envases y empaques	kg
Material biobasado usado en envases y empaques	Cantidad de materia biobasado usado en envases y empaques	kg
Emisiones de CO ₂ evitadas estimadas	Cantidad de emisiones de CO ₂ evitadas	tCO ₂ eq

Tabla 3. Indicadores I+D+i

Indicadores globales	Descripción	Unidad
Prototipos de producto generados	Número de prototipos generados	Unidad
Producciones protegibles por propiedad industrial	Número de producciones protegibles por propiedad industrial	Unidad
Producciones científicas	Número de producciones científicas	Unidad
Producciones técnicas	Número de producciones técnicas	Unidad
Material audiovisual generado (incluido el de VC)	Número de material audiovisual generado (incluido el de VC)	Unidad
Presentaciones en eventos científicos o técnicos	Número de presentaciones en eventos científicos o técnicos	Unidad
Ensayos o pruebas de validación	Número de ensayos o pruebas de validación	Unidad
Alianzas academia-empresa conformada	Número de alianzas academia-empresa conformada	Unidad
Pilotos de proceso generados	Número de pilotos de proceso	Unidad
Informes técnicos finales compilatorios	Número de informes técnicos finales compilatorios	Unidad
Nivel de madurez tecnológica alcanzado (TRL)	Nivel de madurez tecnológica alcanzado (TRL)	Unidad

Tabla 4. Indicadores financieros

Indicadores globales	Descripción	Unidad
Recursos financiados por Visión Circular	Recursos financiados por Visión Circular	\$COP
Recursos de contrapartida (efectivo/especie)	Recursos de contrapartida (efectivo/especie)	\$COP
Recursos totales del proyecto	Recursos totales del proyecto	\$COP
Recursos para personal especializado	%Recursos para personal especializado	\$COP
Recursos para Personal de apoyo	%Recursos para Personal de apoyo	\$COP
Recursos para Arrendamiento de equipos I+D	%Recursos para Arrendamiento de equipos I+D	\$COP
Recursos para Activos productivos o equipos	%Recursos para Activos productivos o equipos	\$COP
Recursos para insumos y materiales I+D	%Recursos para insumos y materiales I+D	\$COP
Recursos para Servicios técnicos o tecnológicos	%Recursos para Servicios técnicos o tecnológicos	\$COP
Recursos para Diseño de prototipos	%Recursos para Diseño de prototipos	\$COP
Recursos para Información especializada	%Recursos para Información especializada	\$COP
Recursos para Desarrollo/licencias de software	%Recursos para Desarrollo/licencias de software	\$COP
Recursos para Patentamiento	%Recursos para Patentamiento	\$COP
Recursos para Normalización, certificados o registros	%Recursos para Normalización, certificados o registros	\$COP
Recursos para Divulgación	%Recursos para Divulgación	\$COP
Recursos para Viajes o salidas técnicas	%Recursos para Viajes o salidas técnicas	\$COP

Tabla 5. Indicadores sociales

Indicadores globales	Descripción	Unidad
Mujeres como personal científico	Número de mujeres participantes en el proyecto como personal científico	Unidad
Mujeres como personal de apoyo	Número de mujeres participantes en el proyecto como personal de apoyo	Unidad
Puestos de trabajo generados	Número de puestos de trabajo generados	Unidad
Contratos laborales generados	Número de contratos laborales generados	Unidad
Contratos por prestación de servicios	Número de contratos por prestación de servicios	Unidad
Mejoramiento en condiciones laborales y salariales	Número de empleados que mejoran su rol dentro de la empresa y sus ingresos.	Unidad
Formación en habilidades	Número de empleados que adquieren nuevas competencias y habilidades relevantes para su cargo (Participación en planes de capacitación, certificación de competencias etc).	Unidad

Tabla 6. Indicadores comunicacionales

Indicadores globales	Descripción	Unidad
Publicaciones propias sobre proyectos en redes institucionales	Número de publicaciones propias sobre proyectos en redes institucionales	Unidad
Publicaciones de terceros en los que mencionan a Visión Circular como financiador de proyectos de innovación	Número de publicaciones de terceros en los que mencionan a Visión Circular como financiador de proyectos de innovación	Unidad
Alcance promedio por publicación sobre proyectos	Número de impresiones de las publicaciones sobre proyectos	Unidad
Interacciones en publicaciones sobre proyectos	Número de interacciones en publicaciones sobre proyectos	Unidad
Eventos con presencia de los proyectos	Número de eventos con presencia de los proyectos	Unidad



Materia prima para fabricación de pellet

3.2

PORTAFOLIO E INDICADORES 2025

En 2025, el seguimiento del portafolio de Visión Circular se consolidó bajo un esquema integral de medición y verificación que permite reportar avances con trazabilidad y consistencia para los fines del informe ANLA. Para ello, la PMO articuló un conjunto de indicadores clave que combinan resultados de I+D+i, desempeño productivo/operativo, ejecución financiera, y trazadores sociales y de comunicación, asegurando que cada proyecto cuente con evidencias verificables, registros periódicos y consolidación de información comparable entre iniciativas. Este enfoque facilita la lectura del desempeño del portafolio, soporta la toma de decisiones basada en datos y fortalece la capacidad de demostrar resultados y contribuciones del programa en el marco de los compromisos de reporte.

Con el propósito de ofrecer una visión comparativa y de continuidad del trabajo del programa, a continuación, se presenta una tabla con los indicadores alcanzados en la convocatoria 2023–2024 y los indicadores proyectados para la convocatoria 2025–2027, organizados en las dimensiones productiva, I+D+i, financiera y social.

Tabla 7. Indicadores convocatoria 2023-2024 e indicadores proyectados 2025-2027

IMPACTO		2023-2024	2025-2027
Productivo	Incremento en capacidad productiva	144 toneladas aprox.	3895 toneladas aprox.
	CO2 eq evitado	No cuantificado	1462 toneladas
I+D+i	Productos	82	128
	Prototipos	5	26
	Producciones científicas	1	4
	Pilotos de proceso	3	7
	Financiación total	\$ 3.218.964.760	\$ 3.322.754.270
Financieros	Financiación Visión Circular	\$2.425.214.670	\$ 2.018.042.498
	Financiación en contrapartida	\$ 953.564.763	\$ 1.304.711.772
	Millones movilizados por cada millón ANDI	0,39	0,65
Social	Puestos de trabajo generados	No cuantificado	14
	Mejora en condiciones laborales	No cuantificado	7
Comunicación	Publicaciones comunicacionales	No cuantificado	En medición
	Impacto de publicaciones	No cuantificado	En medición
	Presentaciones en eventos científicos o técnicos	No cuantificado	En medición

Productos de I+D+i obtenidos en 2025

Durante 2025, Visión Circular – ANDI consolidó resultados tangibles de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) derivados de la ejecución del portafolio y de los procesos de acompañamiento técnico a sus aliados y beneficiarios. Los productos obtenidos reflejan la apuesta del programa por acelerar soluciones circulares para envases, empaques y materiales, articulando capacidades empresariales, academia y gestores de la cadena, y respondiendo a las prioridades de cumplimiento y mejora del desempeño ambiental del sector. En este apartado se presentan los principales productos I+D+i generados en 2025, su contribución a la transición hacia la economía circular —incluyendo avances en ecodiseño, retornabilidad, reciclaje, trazabilidad y cultura ciudadana— y su potencial de escalamiento y replicabilidad en el marco regulatorio vigente.

Tabla 8. Número de productos totalizados por tipología MinCiencias - 2025

CATEGORÍA DE PRODUCTO	CANTIDAD PRODUCTO	PROYECTO	CANTIDAD PRODUCTO POR PROYECTO
Conceptos técnicos	55	Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO Etapa 2	3
		Proyecto 2: Elaboración de empaques a base de orgánicos	2
		Proyecto 3: Prototipo de modificador ecológico para asfalto a partir de residuos plásticos de banano	3
		Proyecto 4: Soluciones constructivas sostenibles a partir de MLP y BOPP para Bogotá	3
		Proyecto 5: Diseño de empaque reutilizable y reciclable para huevos a partir de biocompuesto de cascarilla de arroz	3
		Proyecto 6: Validación y preparación industrial de bioplástico para empaques flexibles	3
		Proyecto 8: Sistema de reutilización empaques retornables	10
		Proyecto 7: Reúsalo Tech 4.0	3
		Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras	8
		Proyecto 10: Potencial de reciclabilidad de materiales	1
		Proyecto 11: Fortalecimiento a empresas productoras	6
		Proyecto 12: Desarrollo de productos a partir de residuos posconsumo de poliestireno expandido y espumado	3
		Proyecto 13: Cierre del ciclo del PEAD multicolor mediante sorter óptico de hojuela	3
		Proyecto 14: ACV comparativo del programa Visión Circular de la ANDI	4
Divulgación pública de la CTel	9	Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras	9
Productos y/o prototipos mínimos viables	5	Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO Etapa 2	5
Artículos de investigación	4	Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO Etapa 2	2
		Proyecto 2: Elaboración de empaques a base de orgánicos	1
		Proyecto 14: ACV comparativo del programa Visión Circular de la ANDI	1
Desarrollo de sistemas, procesos y procedimientos basados en innovaciones radicales o incrementales	2	Proyecto 8: Sistema de reutilización empaques retornables	1
		Proyecto 11: Fortalecimiento a empresas productoras	1
Productos tecnológicos certificados o validados	2	Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras	1
		Proyecto 15: Validación de tecnología de infrarrojo portátil para identificación de materiales	1

Tabla 9. Productos obtenidos por proyecto con evidencias

PROYECTO	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIAS
Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO Etapa 2	Pontificia Universidad Javeriana	5 informes finales de construcción de las 5 casas	Ver
		Artículo científico	Ver
		Artículo científico	Ver
		Informe técnico con resultados de optimización	Ver
		Informe de percepción de uso de las viviendas	Ver
		Informe de bitácora de la obra de construcción de las casas	Ver
Proyecto 2: Elaboración de empaques a base de orgánicos	Universidad Nacional De Colombia	Artículo científico	Ver
		Informe compilatorio	Ver
		Formato cálculo biocompuesto almidón-capacho	Ver
Proyecto 3: Prototipo de modificador ecológico para asfalto a partir de residuos plásticos de banano	Plasticaribe	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
Proyecto 4: Soluciones constructivas sostenibles a partir de MLP y BOPP para Bogotá	Sweven	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
Proyecto 5: Diseño de empaque reutilizable y reciclable para huevos a partir de biocompuesto de cascarilla de arroz	Universidad Autónoma De Occidente	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver

PROYECTO	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIAS
Proyecto 6: Validación y preparación industrial de bioplástico para empaques flexibles	Productos Buller	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
Proyecto 7: Reúsalo Tech 4.0	Reúsalo	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
Proyecto 8: Sistema de reutilización empaques retornables	Xiclo	Fichas técnicas de envases y empaques	Ver
		Ficha técnica de lavandería	Ver
		Informe determinación de EROI	Ver
		Formato calculadora prototipo EROI	Ver
		Informe comparativo de peso y costos por tipo empaque	Ver
		Informe resultados metodología materiales y emisiones evitadas	Ver
		Manual técnico de lavandería	Ver
		Informe resultado retroalimentación de los usuarios	Ver
		Informe de seguimiento a indicadores	Ver
		Informe de oportunidades de expansión	Ver
		Base de datos indicadores ProUSAR.	Ver

PROYECTO	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIAS
Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras	PM Tec Engineering	Documento técnico dispositivo de clasificación	Ver
		Planos dispositivo de clasificación	Ver
		Informe de resultados de laboratorio de 7 empresas.	Ver
		Ficha técnica de material de 7 empresas.	Ver
		Guía práctica de ensayos de caracterización	Ver
		Video explicativo de fichas técnicas de material	Ver
		Hojas de ruta específica para 12 empresas.	Ver
		4 videos explicativos de las hojas de ruta	Ver
		Informes de visita técnica a 12 empresas	Ver
		4 informes de webinar	Ver
		4 presentaciones de webinar	Ver
		Informe de necesidades de inversión	Ver
		Informe final compilatorio	Ver
Proyecto 10: Potencial de reciclabilidad de materiales	ARCO Consultores	Informe final potenciales de reciclabilidad	Ver
Proyecto 11: Fortalecimiento a empresas productoras	PM Tec Engineering	Consolidado fichas técnicas CajaLab	Ver
		Informes de empresas productoras	Ver
		Informes de ensayos de laboratorio de empresas productoras	Ver
		Documento de huella de carbono	Ver
		Reporte consolidado Asistencia técnica	Ver
		Fichas de comunicación Asistencia técnica	Ver
		Recomendaciones documentales para la adquisición de envases de rPET para bebidas	Ver

PROYECTO	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIAS
Proyecto 12: Desarrollo de productos a partir de residuos posconsumo de poliestireno expandido y espumado	Universidad Del Norte	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
Proyecto 13: Cierre del ciclo del PEAD multicolor mediante sorter óptico de hojuela	Biocírculo 2	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
Proyecto 14: ACV comparativo del programa Visión Circular de la ANDI	Casostenible	Informe descripción del proyecto	Ver
		Informe presupuesto del proyecto	Ver
		Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
		ACV – Documento soporte	Ver
		Artículo científico	Ver
Proyecto 15: Validación de tecnología de infrarrojo portátil para identificación de materiales	ICIPC	4 Equipos NIR para clasificación de plásticos en ECAs	Ver

3.2.2 Anexo III.d – Inversión en investigación aplicada y desarrollo experimental para la innovación y el ecodiseño

El Anexo III d. Inversión en investigación aplicada y desarrollo experimental para la innovación y el ecodiseño, establecido en la Resolución 1407 de 2018, constituye el núcleo del presente informe, al consolidar la evidencia principal de la inversión ejecutada por Visión Circular – ANDI durante 2025 en iniciativas de I+D+i orientadas a la economía circular. En la tabla se presentan los proyectos

que realizaron ejecución en 2025, identificando las entidades involucradas, el monto ejecutado y los principales resultados obtenidos por cada iniciativa, con el fin de demostrar la trazabilidad de la inversión, su contribución al ecodiseño y la generación de soluciones con impacto ambiental, productivo y social.

Tabla 10. Anexo III d. Inversión en investigación aplicada y desarrollo experimental para la innovación y el ecodiseño

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN APLICADA O DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA INNOVACIÓN Y EL ECODISEÑO	EMPRESAS O ENTIDADES INVOLUCRADAS	PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS	EJECUCIÓN 2025 (COP)	EJECUCIÓN PROYECTO/ EJECUCIÓN TOTAL DEL PROGRAMA (%)
 ABASTECIMIENTO CIRCULAR				
Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO Etapa 2	ANDI-Tetrapak-Pontificia Universidad Javeriana- Agencia ATENEA	5 prototipos de casas	\$ 17.809.702 (ANDI) + \$ 183.574.000 (ATENEA) = \$ 201.383.702	1,9 %
Proyecto 2: Elaboración de empaques a base de orgánicos	ANDI-Universidad Nacional De Colombia	Artículo de investigación	\$ 71.100.000 (ANDI)	0,7 %
		Prototipos de envases a base de mezcla de capacho de uchuva y almidón de yuca		
Proyecto 3: Prototipo de modificador ecológico para asfalto a partir de residuos plásticos de banano	ANDI-Plasticaribe	Paquete de formulación	\$ 50.000.000 (ANDI) + \$ 2.502.999 = \$ 52.502.999	0,5 %
Proyecto 4: Soluciones constructivas sostenibles a partir de MLP y BOPP para Bogotá	ANDI-Sweven	Paquete de formulación	\$ 74.997.458 (ANDI) + \$ 17.816.265 = \$ 92.813.723	0,9 %
Proyecto 5: Diseño de empaque reutilizable y reciclable para huevos a partir de biocompuesto de cascarilla de arroz	ANDI-Universidad Autónoma De Occidente	Paquete de formulación	\$ 75.000.000 (ANDI)	0,7 %
Proyecto 6: Validación y preparación industrial de bioplástico para empaques flexibles	ANDI-Productos Buller	Paquete de formulación	\$ 50.000.000 (ANDI)	0,5 %

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN APLICADA O DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA INNOVACIÓN Y EL ECODISEÑO		EMPRESAS O ENTIDADES INVOLUCRADAS	PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS	EJECUCIÓN 2025 (COP)	EJECUCIÓN PROYECTO/ EJECUCIÓN TOTAL DEL PROGRAMA (%)
PLATAFORMAS COMPARTIDAS					
No se reportan proyectos con este modelo de negocio circular para el periodo 2025		N/A	N/A	N/A	N/A
PRODUCTO COMO SERVICIO					
Proyecto 7: Reúsalo Tech 4.0		ANDI-Reúsalo	Paquete de formulación	\$ 70.671.291 (ANDI)	0,7 %
			Fichas técnicas de envases y empaques		
			Ficha técnica de lavandería		
			Informe determinación de EROI		
			Formato calculadora prototipo EROI		
Proyecto 8: Sistema de reutilización empaques retornables		ANDI-Xiclo	Informe comparativo de peso y costos por tipo empaque	\$ 25.000.000 (ANDI) + \$ 19.000.000 = \$ 44.000.000	0,4 %
			Informe resultados metodología materiales y emisiones evitadas		
			Manual técnico de lavandería		
			Informe resultado retroalimentación de los usuarios		
			Informe de seguimiento a indicadores		
			Informe de oportunidades de expansión		
EXTENSIÓN DE VIDA ÚTIL					
No se reportan proyectos con este modelo de negocio circular para el periodo 2025		N/A	N/A	N/A	N/A

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN APLICADA O DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA INNOVACIÓN Y EL ECODISEÑO		EMPRESAS O ENTIDADES INVOLUCRADAS	PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS	EJECUCIÓN 2025 (COP)	EJECUCIÓN PROYECTO/ EJECUCIÓN TOTAL DEL PROGRAMA (%)
RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN					
Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras	ANDI-PM Tec Engineering	Documento técnico dispositivo de clasificación	\$ 74.970.000 (ANDI)	0,7%	
		Guía práctica de ensayos de caracterización			
		Hojas de ruta específica para 12 empresas.			
		Informe de necesidades de inversión			
Proyecto 10: Potencial de reciclabilidad de materiales	ANDI-ARCO Consultores	Informe final potenciales de reciclabilidad	\$ 84.000.000 (ANDI)	0,8%	
Proyecto 11: Fortalecimiento a empresas productoras	ANDI-PM Tec Engineering	Consolidado fichas técnicas CajaLab	\$ 0 (ANDI) + \$ 120.000.000 (GIZ) = \$ 120.000.000	1,1%	
		Informes de empresas productoras			
		Recomendaciones documentales para la adquisición de envases de rPET para bebidas			
Proyecto 12: Desarrollo de productos a partir de residuos posconsumo de poliestireno expandido y espumado	ANDI-Universidad Del Norte	Paquete de formulación	\$ 75.000.000 (ANDI)	0,7%	
Proyecto 13: Cierre del ciclo del PEAD multicolor mediante sorter óptico de hojuela	ANDI-Biocírculo 2	Paquete de formulación	\$ 131.720.000 (ANDI) + \$ 59.234.832 = \$ 190.954.832	1,8%	
		Informe de estudio y aprobación de proveedor de sórter óptico de hojuela PEAD.			
Proyecto 14: ACV comparativo del programa Visión Circular de la ANDI	ANDI-Casostenible	ACV – Documento soporte	\$ 92.480.000 (ANDI)	0,9%	
		Artículo de investigación			
Proyecto 15: Validación de tecnología de infrarrojo portátil para identificación de materiales	ANDI-ICIPC	4 Equipos NIR para clasificación de plásticos en ECAs	\$ 62.863.769 (ANDI)	0,6%	
VALORES TOTALES			\$ 1.357.740.316	12,8%	

4.

BANCO DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN VISIÓN CIRCULAR



El Banco de Proyectos de Innovación de Visión Circular – ANDI funciona como un mecanismo dinamizador para tecnificar la cadena de valor y atraer recursos de financiación hacia proyectos de ciencia, tecnología e innovación (CTel). Su propósito central es estructurar un portafolio priorizado de iniciativas de alto impacto ambiental, económico y social, habilitando condiciones para su escalamiento mediante convocatorias, alianzas estratégicas y la gestión activa de recursos provenientes de fuentes públicas, privadas y de cooperación internacional.

Los términos de referencia¹ priorizan proyectos que integren criterios de circularidad verificable, potencial de replicabilidad territorial y solidez técnico-científica, con un fuerte enfoque en la inclusión social y la acción climática. Bajo esta visión, la circularidad se aborda como una estrategia productiva integral que conecta las capacidades de empresas, academia, gobiernos y recicladores de oficio, superando la visión tradicional de la simple gestión de residuos para enfocarse en la eficiencia de recursos y la reducción de emisiones.

Operativamente, la PMO de Visión Circular gestiona un embudo de iniciativas que transforma las necesidades del sistema en proyectos de I+D+i con resultados verificables. Esta metodología asegura la trazabilidad frente al marco normativo colombiano (Resoluciones 1407/2018, 803/2024 y Ley 2232/2022) y garantiza la transparencia en la priorización de recursos. Al consolidar una gestión basada en evidencia y datos, el Banco no solo facilita el reporte anual del colectivo, sino que genera aprendizajes transferibles que fortalecen la sostenibilidad en diversos sectores y territorios.

¹ Ver convocatoria y términos de referencia publicados: https://www.linkedin.com/posts/visioncircularandi_economaedacircular-innovaciaejncircular-visiaejncircularandi-activity-7316574780206321664-nVqE/?utm_source=social_share_send&utm_medium=member_desktop_web&rcm=ACoAABM46d4BiGYGcGgfArZkm5JeMupw7KCHvr0

PRESUPUESTO DEL BANCO DE PROYECTOS 2023-2025

Visión Circular – ANDI ha consolidado un esfuerzo sostenido de inversión y movilización de recursos para acelerar la implementación de proyectos que fortalecen la economía circular en envases y empaques. En 2025, el programa cofinanció iniciativas estratégicas para habilitar su ejecución, reducir barreras técnicas y operativas y potenciar resultados en innovación, aprovechamiento, retornabilidad, trazabilidad e inclusión del ecosistema de reciclaje.

Con el fin de evidenciar el avance financiero y el esfuerzo de apalancamiento del portafolio que se reporta en el presente informe, a continuación, se presenta una síntesis de los proyectos incluidos, detallando el valor ejecutado por año (2023, 2024 y 2025). Adicionalmente, se incorpora el valor de recursos movilizados hacia cada proyecto en el periodo 2023–2025, provenientes de fuentes distintas a Visión Circular, así como el valor total ejecutado por Visión Circular – ANDI en el mismo periodo. Esta información permite dimensionar la trayectoria de ejecución, el nivel de cofinanciación logrado y el rol del programa como articulador de inversión para acelerar resultados de economía circular.



Tabla 11. Valor ejecutado ANDI 2023, 2024 y 2025 incluyendo valor total movilizado y ejecutado

PROYECTO	VALOR EJECUTADO ANDI 2023	VALOR EJECUTADO ANDI 2024	VALOR EJECUTADO ANDI 2025	VALOR TOTAL EJECUTADO VISIÓN CIRCULAR 2023-2025	VALOR TOTAL MOVILIZADO EJECUTADO 2023-2025	VALOR TOTAL EJECUTADO DEL PROYECTO 2023-2025
Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO Etapa 2	\$ 100.000.000	\$ 112.500.000	\$ 17.809.702	\$ 230.309.702	\$ 305.956.667	\$ 536.266.369
Proyecto 2: Elaboración de empaques a base de orgánicos	\$ 0	\$ 165.900.000	\$ 71.100.000	\$ 237.000.000	\$ 0	\$ 237.000.000
Proyecto 3: Prototipo de modificador ecológico para asfalto a partir de residuos plásticos de banano	\$ 0	\$ 0	\$ 50.000.000	\$ 50.000.000	\$ 2.502.999	\$ 52.502.999
Proyecto 4: Soluciones constructivas sostenibles a partir de MLP y BOPP para Bogotá	\$ 0	\$ 0	\$ 74.997.458	\$ 74.997.458	\$ 17.816.265	\$ 92.813.723
Proyecto 5: Diseño de empaque reutilizable y reciclable para huevos a partir de biocompuesto de cascarilla de arroz	\$ 0	\$ 0	\$ 75.000.000	\$ 75.000.000	\$ 0	\$ 75.000.000
Proyecto 6: Validación y preparación industrial de bioplástico para empaques flexibles	\$ 0	\$ 0	\$ 50.000.000	\$ 50.000.000	\$ 0	\$ 50.000.000
Proyecto 7: Reúsalo Tech 4.0	\$ 0	\$ 0	\$ 70.671.291	\$ 70.671.291	\$ 0	\$ 70.671.291
Proyecto 8: Sistema de reutilización empaques retornables	\$ 100.000.000	\$ 125.000.000	\$ 25.000.000	\$ 250.000.000	\$ 38.000.000	\$ 288.000.000
Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras	\$ 0	\$ 32.100.000	\$ 74.970.000	\$ 107.070.000	\$ 0	\$ 107.070.000
Proyecto 10: Potencial de reciclabilidad de materiales	\$ 0	\$ 36.000.000	\$ 84.000.000	\$ 120.000.000	\$ 0	\$ 120.000.000
Proyecto 11: Fortalecimiento a empresas productoras	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 120.000.000	\$ 120.000.000
Proyecto 12: Desarrollo de productos a partir de residuos posconsumo de poliestireno expandido y espumado	\$ 0	\$ 0	\$ 75.000.000	\$ 75.000.000	\$ 0	\$ 75.000.000
Proyecto 13: Cierre del ciclo del PEAD multicolor mediante sorter óptico de hojuela	\$ 0	\$ 0	\$ 131.720.000	\$ 131.720.000	\$ 59.234.832	\$190.954.832
Proyecto 14: ACV comparativo del programa Visión Circular de la ANDI	\$ 0	\$ 0	\$ 92.480.000	\$ 92.480.000	\$ 0	\$ 92.480.000
Proyecto 15: Validación de tecnología de infrarrojo portátil para identificación de materiales	\$ 0	\$ 0	\$ 62.863.769	\$ 62.863.769	\$ 0	\$ 62.863.769

Tabla 12. Valor ejecutado por ANDI y valor movilizado a los proyectos en el año 2025

PROYECTO	VALOR EJECUTADO ANDI	VALOR TOTAL MOVILIZADO EJECUTADO	VALOR TOTAL EJECUTADO 2025
Proyecto 1: Viabilización del sistema estructural HOMEKO Etapa 2	\$ 17.809.702	\$ 183.574.000	\$ 202.324.000
Proyecto 2: Elaboración de empaques a base de orgánicos	\$ 71.100.000	\$ 0	\$ 71.100.000
Proyecto 3: Prototipo de modificador ecológico para asfalto a partir de residuos plásticos de banano	\$ 50.000.000	\$ 2.502.999	\$ 52.502.999
Proyecto 4: Soluciones constructivas sostenibles a partir de MLP y BOPP para Bogotá	\$ 74.997.458	\$ 17.816.265	\$ 92.813.723
Proyecto 5: Diseño de empaque reutilizable y reciclable para huevos a partir de biocompuesto de cascarilla de arroz	\$ 75.000.000	\$ 0	\$ 75.000.000
Proyecto 6: Validación y preparación industrial de bioplástico para empaques flexibles	\$ 50.000.000	\$ 0	\$ 50.000.000
Proyecto 7: Reúsalo Tech 4.0	\$ 70.671.291	\$ 0	\$ 70.671.291
Proyecto 8: Sistema de reutilización empaques retornables	\$ 25.000.000	\$ 19.000.000	\$ 44.000.000
Proyecto 9: Fortalecimiento a empresas transformadoras	\$ 74.970.000	\$ 0	\$74.970.000
Proyecto 10: Potencial de reciclabilidad de materiales	\$ 84.000.000	\$ 0	\$ 84.000.000
Proyecto 11: Fortalecimiento a empresas productoras	\$ 0	\$ 120.000.000	\$ 120.000.000

PROYECTO	VALOR EJECUTADO ANDI	VALOR TOTAL MOVILIZADO EJECUTADO	VALOR TOTAL EJECUTADO 2025
Proyecto 12: Desarrollo de productos a partir de residuos posconsumo de poliestireno expandido y espumado	\$ 75.000.000	\$ 0	\$ 75.000.000
Proyecto 13: Cierre del ciclo del PEAD multicolor mediante sorter óptico de hojuela	\$ 131.720.000	\$ 59.234.832	\$ 190.954.832
Proyecto 14: ACV comparativo del programa Visión Circular de la ANDI	\$ 92.480.000	\$ 0	\$ 92.480.000
Proyecto 15: Validación de tecnología de infrarrojo portátil para identificación de materiales	\$ 62.863.769	\$ 0	\$ 73.973.769
TOTALES	\$ 955.612.220	\$ 402.128.096	\$ 1.357.740.316

En 2025, los proyectos reportados en el presente informe evidencian una ejecución agregada de \$1.357.740.316, de los cuales \$955.612.220 corresponden a recursos financiados por ANDI y \$402.128.096 a recursos movilizados mediante contrapartidas de los beneficiarios o aportes de fuentes externas (Tabla 12). Esta composición refleja no solo el esfuerzo directo de financiación realizado por Visión Circular – ANDI, sino también su capacidad para apalancar recursos complementarios que fortalecen el alcance de las iniciativas. En términos porcentuales, los recursos movilizados equivalen al 42,1% del valor financiado por ANDI en 2025; es decir, que por cada \$1 aportado por ANDI se movilizaron aproximadamente \$0,42 adicionales hacia los proyectos. Esto confirma un efecto multiplicador importante de la inversión y una ejecución total consistente con los valores reportados en el Anexo III.d.

5.

PROYECTOS BENEFICIADOS Y EJECUTADOS 2025



Modelo de negocio: Abastecimiento circular.....45

Modelo de negocio: Producto como servicio.....64

Modelo de negocio: Recuperación y transformación.....71



Durante la ejecución de los proyectos beneficiados en el periodo 2025, la PMO de Visión Circular actuó como instancia de acompañamiento transversal para asegurar orden, trazabilidad y oportunidad en la gestión del portafolio. Este acompañamiento se desarrolló mediante seguimiento técnico, administrativo y financiero, que incluyó la verificación periódica de avances frente a cronogramas, la revisión de soportes y evidencias de entregables, el control de ejecución presupuestal en relación con el plan aprobado y el apoyo en procesos de cierre (informes finales, actas y documentación de cumplimiento). Adicionalmente, durante 2025 se realizaron visitas técnicas presenciales a los proyectos con el fin de conocer directamente a los equipos de trabajo responsables de la ejecución, verificar en sitio los equipos utilizados, los procedimientos y los procesos que han venido desarrollando, así como observar los prototipos o soluciones en desarrollo. Estas visitas también permitieron formular preguntas técnicas, contrastar avances reportados con la operación real de los proyectos y conocer la proyección que cada iniciativa plantea hacia las siguientes etapas de desarrollo. Con ello, se fortaleció la calidad y consistencia del reporte de resultados, facilitando la consolidación comparativa entre proyectos y el respaldo verificable de los logros alcanzados por el programa.

A continuación, se presentan los 15 proyectos ejecutados durante 2025, clasificándolos según el modelo de negocio circular más alineado.



MODELO DE NEGOCIO: ABASTECIMIENTO CIRCULAR

Los siguientes 6 proyectos obedecen a este modelo de negocio circular dado su enfoque en proveer insumos completamente reciclados, renovables o biodegradables en las etapas de compras o producción.



PROYECTO 1: VIABILIZACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL HOMEKO

El proyecto HOMEKO, iniciado a finales de 2023, se concibió para validar en condiciones reales de operación una solución de vivienda temporal sismo-resistente construida con láminas de Poli Aluminio Termo Endurecido obtenidas del reciclaje de envases posconsumo de cartón para bebidas.

Desde su formulación, el proyecto fue planteado como un proceso de maduración tecnológica orientado a llevar la solución desde un nivel TRL 7 hasta un TRL 8, mediante la construcción, puesta en servicio y evaluación de cinco prototipos funcionales a escala real. En esta primera etapa, el proyecto consolidó su base técnica y operativa con la formulación integral, la definición del cronograma, la estructuración presupuestal y la preparación metodológica del piloto.

Como indicador productivo central, se estableció la meta de construir cinco módulos completos y operativos; como indicador ambiental asociado, se proyectó el aprovechamiento de aproximadamente 46.000 envases por vivienda, equivalentes a cerca de 230.000 envases reciclados en el total del piloto. El producto de I+D+i más representativo de 2023 fue, precisamente, la estructuración técnico-financiera del piloto de validación operativa, pues sentó las bases para convertir una solución ya probada en entornos controlados en una tecnología evaluada en condiciones reales de uso.

Durante 2024, HOMEKO pasó de la planeación a la materialización del sistema. En esta fase se avanzó en la preparación del emplazamiento, el control técnico de obra, la actualización del presupuesto, el seguimiento a tiempos constructivos y la consolidación de herramientas para optimizar costos y rendimientos. Entre los principales indicadores de producto de esta vigencia se encuentran un reporte geotécnico para el emplazamiento de los prototipos, un formato de control de tiempos de construcción, un informe de presupuesto total con elementos arquitectónicos, un informe de tiempos de ejecución de actividades y una metodología de optimización de costos y tiempos. En términos de I+D+i, el producto más representativo de 2024 fue la metodología de optimización constructiva, ya que permitió transformar la experiencia de obra en una base útil para modelar tiempos reales, ajustar costos directos e indirectos y proyectar escenarios de escalamiento.

La fase final, desarrollada durante 2025, consolidó la validación operativa y cerró técnicamente el proceso de desarrollo experimental. En esta vigencia se completaron cinco informes finales de construcción, uno por cada prototipo, así como un informe de percepción de usuarios y visitantes, un informe técnico de resultados de optimización y un informe final consolidado. Esto refleja una producción verificable de al menos ocho entregables técnicos mayores en la etapa de cierre, además de la



TLR:
Inicial: 7 | Final: 8

Tipología:
Innovación

Aliados Estratégicos: Tetrapak: Provee las láminas para construir las casas HOMEKO. ATENEA: Financiador del proyecto en su segunda fase, posterior a la financiación de Visión Circular.

Objetivo general: Realizar la primera fase (estancia de máximo 3 días) de validación operativa básica en un contexto real del Proyecto de construcción sostenible y circular HOMEKO, para la construcción de vivienda temporal sismorresistente, utilizando el material producto del reciclaje de los envases posconsumo de cartones para bebidas.

Objetivos específicos

- Construir un total de 5 prototipos de desarrollo completo tipo HOMEKO, para poder monitorear y caracterizar las variables de optimización constructiva, y los tiempos de construcción de las múltiples partes que conforman el armado de los prototipos, para la generación de modelos matemáticos que permitan calcular tiempos de ejecución de construcción, con un mayor número de viviendas.
- Cuantificar y detallar los costos a nivel operativo real del ejercicio de construcción del sistema estructural HOMEKO para optimizar los costos que generen el mayor impacto en el precio final de las viviendas.
- Recopilar información acerca de la experiencia de habitar y usar el sistema estructural HOMEKO invitando a usuarios reales a que hagan uso de las estructuras para validar las variables cualitativas de la operación del sistema.

consolidación del prototipo como resultado tangible del proyecto. En paralelo, la sistematización de tiempos permitió estimar que la terminación de una vivienda HOMEKO 1X puede variar aproximadamente entre 6 y 10 días, dependiendo de condiciones favorables o desfavorables de ejecución, lo que constituye un indicador productivo clave para proyectar futuros despliegues del sistema. El producto de I+D+i más representativo de 2025 fue la validación integral del módulo habitacional a escala real, porque permitió demostrar no solo la constructibilidad del sistema, sino también su desempeño estructural y su viabilidad de uso en contexto real.

En la dimensión financiera y de optimización, el proyecto también generó información valiosa para la toma de decisiones futuras. La inversión se destinó a componentes concretos del proceso constructivo y de validación, incluyendo fachadas por \$31.056.649, ventanería y puertas por \$7.655.675, cubierta por \$15.127.051, equipos por \$16.671.574, personal profesional por \$50.355.140, insumos y dotación para usabilidad por \$7.095.250, electrodomésticos por \$10.050.596 y transporte y alimentación de personal de obra por \$5.960.000; adicionalmente, se registraron donaciones varias por \$25.850.000 para apoyar la obra. La ejecución reportó un primer desembolso de \$100.000.000 y una inversión acumulada de \$310.728.337,64, lo que evidencia que la experiencia de construcción exigió ajustes, refinamientos y apalancamientos adicionales para culminar adecuadamente los prototipos y sus acabados.

Los resultados científicos alcanzados en el cierre del proyecto reforzaron la solidez de la propuesta. En el componente de optimización estructural del entrepiso, se obtuvo una mejora sustancial en el comportamiento de las vigas huecas fabricadas con material reciclado, logrando una reducción de deflexiones del 61% y un incremento de la capacidad de carga vertical del 287% frente a la con-

figuración inicial. Esta optimización también mostró un beneficio ambiental concreto, al evidenciar que una sola solución de entrepiso puede dar segunda vida a aproximadamente 18.200 envases, fortaleciendo el valor circular del sistema. En este sentido, el producto de I+D+i más representativo de esta línea de resultados fue la optimización del sistema de entrepiso, por su aporte simultáneo al desempeño estructural, al aprovechamiento de residuos y a la mejora funcional del prototipo.

A su vez, la validación sísmica del módulo habitacional a escala real confirmó un desempeño altamente satisfactorio bajo exigencias severas. El sistema mostró una resistencia a tracción promedio del material de 7,10 MPa y un módulo de elasticidad de 789 MPa; las conexiones viga-columna alcanzaron resistencias promedio de 38,51 kN en sentido gravitacional, 26,13 kN en sentido ascendente y 32,3 kN como promedio global. La estructura fue evaluada frente a movimientos sísmicos equivalentes a periodos de retorno de 31, 225, 475 y 2500 años, manteniendo comportamiento predominantemente elástico, sin deformaciones residuales ni pérdida de integridad estructural, incluso bajo aceleraciones pico simultáneas de 0,37 g en la dirección x y 0,52 g en la dirección y. Además, la respuesta del sistema fue reproducida por el modelo numérico con una precisión cercana al 89,7%, confirmando la confiabilidad del diseño y de la modelación.

En conjunto, HOMEKO muestra una trayectoria clara de maduración y generación de valor. En 2023 consolidó la estructuración técnica y financiera del piloto; en 2024 convirtió esa planeación en herramientas concretas de control, optimización y alistamiento constructivo; y en 2025 cerró el ciclo con cinco prototipos a escala real, validación de habitabilidad, costos y tiempos reales de construcción, y evidencia científica sobre su desempeño mecánico, sísmico y ambiental.

Así, el proyecto no solo avanzó desde la planeación y experimentación inicial hasta la validación operativa en campo, sino que también generó indicadores productivos y de I+D+i verificables, posicionándose como una alternativa innovadora de vivienda temporal sostenible, modular, sísmo-resistente y alineada con principios de economía circular.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Productos y/o prototipos mínimos viables	5 informes finales de construcción de las 5 casas	Ver
Artículos de investigación	Artículo científico – Revista Buildings	Ver
	Artículo científico – Revistas Sustainability	Ver
Conceptos técnicos	Informe técnico con resultados de optimización del proceso de construcción de las casas	Ver
Conceptos técnicos	Informe de percepción de uso de las viviendas	Ver
Conceptos técnicos	Informe de bitácora de la obra de construcción de las casas	Ver



Finca San Javier, Cogua, Cundinamarca.

PROYECTO 2: ELABORACIÓN DE EMPAQUES A BASE DE ORGÁNICOS

El proyecto “Elaboración de empaques para frutas y verduras a base de capacho de uchuva y almidón de yuca” se concibió a finales de 2023 como una apuesta de economía circular para transformar un residuo agroindustrial de alta disponibilidad en una solución de empaque biodegradable para el sector alimentario. La iniciativa fue liderada por el Semillero SIMNA de la Universidad Nacional de Colombia, con OCATI S.A. como empresa piloto y ANDI – Visión Circular como financiador, bajo una ruta de maduración tecnológica orientada a pasar de pruebas de laboratorio a prototipos funcionales con potencial de escalamiento.

En su fase inicial, correspondiente a la estructuración de 2023, el proyecto definió el problema tecnológico, el alcance del desarrollo y la ruta de maduración desde TRL 3 hasta TRL 7. Desde ese momento se partió de una oportunidad clara de valorización: en la operación de la empresa piloto se generan alrededor de 2 toneladas semanales de capacho de uchuva, un residuo que representa entre 5% y 10% del peso del fruto y que, a escala país, puede alcanzar del orden de 18.414 toneladas anuales. Esa base justificó la selección del capacho como fibra lignocelulósica de refuerzo, por su composición favorable —con contenidos reportados de 26–29% de celulosa, 40–49% de hemicelulosa y 22–26% de lignina— y por su baja densidad, del orden de 0,59–0,68 g/cm³, atributos especialmente valiosos para empaques livianos. En esta

etapa, el producto de I+D+i más representativo fue la formulación integral del proyecto, porque allí se consolidaron el diseño experimental, la lógica de validación y la proyección de los prototipos que orientarían la ejecución posterior.

Durante 2024, el proyecto entró en su fase de investigación aplicada y desarrollo experimental. En esta etapa se consolidó una base de conocimiento robusta con más de 100 referencias bibliográficas y una revisión amplia del estado del arte que permitió ubicar la propuesta en una frontera de conocimiento todavía poco explorada. Esa revisión reafirmó el potencial del almidón de yuca como matriz biopolimérica, destacando su composición típica de 80 % a 90 % de amilopectina y 10 % a 20 % de amilosa, así como la conveniencia de usar almidones modificados para mejorar las propiedades mecánicas e hídricas del material final. En paralelo, se construyó el andamiaje experimental del proyecto mediante un diseño factorial que permitió obtener 10 muestras iniciales y proyectar 90 muestras experimentales al trabajar con 9 repeticiones por condición, convirtiendo esta fase en una etapa intensiva de generación de evidencia técnica. El producto de I+D+i más representativo de 2024 fue el paquete metodológico de fabricación y evaluación de mezclas, porque transformó la hipótesis inicial en protocolos reproducibles para producir láminas, paneles y piezas moldeables a partir de combinaciones de capacho y almidón.



TLR:
Inicial: 3 | Final: 6

Tipología:
Desarrollo experimental

Aliados Estratégicos: Ocati S.A.: Empresa piloto

Objetivo general: Elaborar empaques para alimentos a base de capacho de uchuva mediante un proceso de producción sostenible como estrategia de gestión de residuos orgánicos en el contexto empresarial colombiano.

Objetivos específicos

- Determinar bibliográfica y experimentalmente los beneficios del uso de capacho de uchuva como material de refuerzo del almidón de yuca para la elaboración de bioempaques.
- Encontrar las características y propiedades ideales para el proceso de obtención de un envase fabricado con un biomaterial basado en capacho de uchuva y almidón de yuca.
- Seleccionar las formas geométricas más adecuadas, teniendo en cuenta el marco regulatorio colombiano, para el diseño, fabricación y comercialización de empaques a partir de capacho de uchuva y almidón de yuca.

La fase experimental permitió ensayar diferentes tipos de almidón —agrio, dulce y modificados como thin, lact, oxigel y expandex—, distintas granulometrías del capacho y variaciones en plastificantes, agua y condiciones de secado. Como resultado, se probaron formulaciones 90/10, 80/20 y 70/30 entre almidón y capacho, según el tipo de producto buscado. Las formulaciones 90/10 mostraron un comportamiento más flexible, similar al cuero, favorable para procesos de termoformado; las 80/20 entregaron materiales más robustos; y, entre los almidones modificados, el expandex presentó el mejor desempeño para doblado y copiado sobre molde, por lo que se perfiló como la mejor alternativa para prototipos tipo caja. Además, se confirmó que el aumento de glicerina mejora la flexibilidad, que las partículas finas elevan la resistencia a la tensión y la elasticidad frente a partículas gruesas, y que el proyecto debía privilegiar procesos de molienda fina para aplicaciones con mayor exigencia mecánica. Estos resultados constituyen indicadores productivos relevantes, porque muestran no solo experimentación, sino selección técnica de formulaciones con potencial real de manufactura.

En 2025, el proyecto culminó su fase de desarrollo y validación tecnológica con una producción verificable de resultados de I+D+i. El cierre incluyó un artículo científico publicado, una muestra de paneles, dos procesos de fabricación —uno con almidón de yuca y otro con almidón modificado—, un procedimiento de doblado y diseño de bolsas, la participación en una feria nacional de alto nivel y prototipos finales de empaque. Si se observa la trayectoria completa del proyecto, el producto de I+D+i más representativo de 2025 fue el conjunto de prototipos funcionales finales y el proceso validado de termoformado,

porque allí el conocimiento acumulado se convirtió en una solución tangible, visible y demostrable para aplicaciones reales de empaque secundario. A la vez, la publicación científica reforzó la novedad del proyecto al consolidar el valor del capacho de uchuva como refuerzo lignocelulósico para matrices de almidón de yuca y resaltar que esta combinación específica seguía siendo un campo de investigación emergente.

Los indicadores productivos del cierre muestran un avance técnico concreto. Se desarrollaron paneles con densidades entre 0,7 y 1,1 g/cm³, aptos para aplicaciones livianas, con biodegradabilidad superior al 90% en compostaje en 60 días y aislamiento térmico moderado. También se obtuvieron bolsas biodegradables con degradación estimada entre 60 y 90 días, además de prototipos plegables de caja y una bandeja termoformada de 20 × 15 cm y calibres entre 0,5 y 1,5 mm, acercando el material a configuraciones comparables con empaques convencionales de uso secundario. La validación geométrica incluyó formas tipo caja, bowl, bolsa, tazón, vaso cónico y bandeja, y permitió concluir que el biomaterial desarrollado tiene aptitud para empaque secundario de alimentos, aunque todavía enfrenta limitaciones para contacto directo por fenómenos de reabsorción de humedad.

En conjunto, la historia del proyecto muestra una secuencia clara de maduración. La etapa de 2023 consolidó la formulación, el diseño experimental y la ruta TRL; la fase de 2024 produjo conocimiento, protocolos, muestras y criterios de optimización; y la etapa de 2025 cerró con productos tangibles, publicación científica, divulgación especializada y prototipos funcionales.

Así, el proyecto no solo logró valorizar un residuo agroindustrial abundante, sino que dejó como saldo una combinación de indicadores productivos —muestras, paneles, láminas, bolsas, cajas, bandejas, formulaciones optimizadas y validación geométrica— y productos de I+D+i —artículo científico, revisión estructurada, metodologías de fabricación, caracterización mecánica, procedimientos de diseño y prototipos finales— que lo posicionan como una iniciativa promisoría para el desarrollo de empaques biodegradables basados en economía circular.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Artículos de investigación	Artículo científico	Ver
	Informe compilatorio	Ver
Conceptos técnicos	Formato Cálculo biocompuesto almidón-capacho	Ver



PROYECTO 3: PROTOTIPO DE MODIFICADOR ECOLÓGICO PARA ASFALTO A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE BANANO

Bajo el nombre de PLASTIROAD, Plasticaribe S.A.S. lidera una iniciativa que comenzó a finales de 2025 y se extenderá hasta 2027, orientada al desarrollo y escalamiento de un modificador ecológico para asfalto elaborado a partir de bolsas plásticas recuperadas de la industria bananera.

El proyecto fue concebido como una apuesta de economía circular aplicada a infraestructura vial, con una ruta de maduración tecnológica que parte de TRL 3 y busca llegar a TRL 7, es decir, pasar de la factibilidad técnica y la experimentación en laboratorio a la validación de la solución en condiciones cercanas a las reales. Desde su formulación, la propuesta se destacó por su potencial para valorizar un residuo plástico complejo, disminuir pasivos ambientales del sector agroindustrial y ofrecer una alternativa técnicamente competitiva para la red vial colombiana, con la expectativa de aumentar la vida útil del pavimento de 5 a 15 años, reducir en alrededor de 69% el costo del modificador frente a alternativas sintéticas del mercado y operar con menores requerimientos térmicos en el proceso de incorporación al asfalto.

Durante su fase de arranque en 2025, el proyecto se concentra en la recepción, recolección y caracterización de las bolsas plásticas utilizadas en el embolsado de racimos de

banano, material que llega con altos niveles de contaminación por látex vegetal y exige una preparación técnica cuidadosa antes de entrar al proceso de transformación.

En esta etapa inicial se proyecta la conformación de lotes de prueba caracterizados, el desarrollo de formulaciones mediante ensayos fisicoquímicos y diseños de experimentos en laboratorio, y la identificación de variables críticas para controlar propiedades como punto de ablandamiento, penetración, viscosidad, estabilidad e interacción polímero-asfalto.

Paralelamente, se avanza en el diseño del flujo de proceso, que comprende trituración, lavado en tres momentos, escurrido, secado y peletizado, así como en la definición del *layout* de planta, los protocolos de operación y los requerimientos técnicos para el escalamiento posterior.

En términos de I+D+i, el producto más representativo de esta fase es la estandarización del proceso de producción a escala laboratorio, encaminada a consolidarse como secreto empresarial, porque allí se concentra el conocimiento crítico que permite transformar un residuo agrícola contaminado en un insumo vial reproducible, controlado y con potencial de diferenciación tecnológica.



TLR:
Inicial: 3 | Final: 7

Tipología:
Desarrollo tecnológico

Aliados Estratégicos: Centro de Innovación y Productividad Punto Estratégico Red de Consultores SAS - Grupo de investigación INGENIO.

Objetivo general: Desarrollar un prototipo de modificador ecológico para asfalto a partir de plástico recuperado de cultivos de bananos que permita prolongar la vida útil de la infraestructura vial en Colombia.

Objetivos específicos:

- Estandarizar el proceso de producción de modificador asfáltico a escala laboratorio con residuos plásticos generados en el cultivo de banano.
- Fortalecer la infraestructura física, tecnológica y operativa para el montaje de planta piloto en PLASTICARIBE S.A.S. que permita el reciclado y procesamiento de los desechos plásticos del cultivo de banano.
- Realizar la validación a escala piloto del prototipo de modificador asfáltico desarrollado con el plástico reciclado del cultivo de banano para su uso en la red vial de Colombia.

Para 2026, el proyecto entra en una fase de consolidación tecnológica y productiva, en la que se prevé completar la puesta a punto de la planta piloto, instalar la línea de equipos requerida y transferir el conocimiento operativo al personal de Plasticaribe. Esta fase representa el paso clave desde la validación en laboratorio hacia la capacidad de producción piloto, por lo que su producto de I+D+i más representativo es la planta piloto funcional para reciclado y procesamiento de residuos plásticos del cultivo de banano.

La meta operativa proyectada para esta etapa contempla una capacidad de procesamiento de 300 kg por hora, equivalente a 6.000 kg diarios de bolsas plásticas recuperadas; considerando una merma del 10%, ello permitiría obtener hasta 5.400 kg diarios de modificador ecológico, es decir, cerca de 162 toneladas mensuales de producto. A su vez, esa capacidad permitiría incorporar el aditivo en proporciones de 3% a 5% dentro de la mezcla asfáltica, lo que se traduce en una aplicación estimada de 45 a 77 m³ diarios de mezcla, con potencial equivalente a aproximadamente 100 metros lineales de vía convencional por cada 45 m³ aplicados.

Como indicadores productivos y de I+D+i asociados a esta fase, se proyectan además 3 lotes de validación de 6.000 kg cada uno, la generación de 2 fichas técnicas y la documentación de procesos que soporten la reproducibilidad industrial del desarrollo.

En 2027, PLASTIROAD proyecta culminar su fase de validación a escala piloto con la fabricación del prototipo final, su aplicación en tramos de prueba y el monitoreo de desempeño en condiciones reales de operación. En esta etapa, el producto de I+D+i más representativo será el prototipo funcional validado de modificador ecológico para asfalto, ya no solo como formulación o capacidad instalada, sino como solución demostrada para uso vial. A esta validación se sumará la generación de productos complementarios de conocimiento y apropiación, entre ellos un artículo científico sometido en revista indexada categoría B, una

cartilla técnica, un video de divulgación, un informe técnico final compilatorio y material de socialización dirigido a potenciales clientes y aliados nacionales e internacionales.

También se proyecta una reducción de emisiones del orden de 120 tCO₂eq por mes, asociada tanto al aprovechamiento del residuo plástico como al menor consumo energético del proceso, así como un ahorro energético cercano al 60% gracias a que el modificador puede trabajar alrededor de 75 °C, frente a temperaturas del orden de 185–190 °C requeridas por modificadores convencionales. En conjunto, esto fortalece el perfil del proyecto no solo como innovación de producto, sino también como innovación de proceso, con componentes de validación, protección de conocimiento y precomercialización.

La destinación de recursos muestra una apuesta clara por la combinación entre conocimiento especializado, capacidad operativa y validación técnica. Se proyectaron \$93.000.000 para personal especializado, \$30.000.000 para personal de apoyo, \$60.000.000 para arrendamiento de equipos de I+D, \$52.000.000 para insumos y materiales de investigación y desarrollo, \$45.000.000 para servicios técnicos o tecnológicos, \$8.000.000 para actividades de protección de propiedad intelectual, \$5.000.000 para normalización y verificación técnica, y \$22.000.000 para divulgación. Dentro de estos rubros se destaca la compra proyectada de 26.000 kg de materia prima a un costo estimado de \$2.000 por kilogramo, equivalentes a los \$52.000.000 de insumos; así mismo, los servicios técnicos contemplan asistencia experta para formulación, pruebas de laboratorio, instalación eléctrica y monitoreo del tramo piloto, mientras que el rubro de divulgación cubre jornadas de socialización precomercial, cartilla, artículo científico y video. Esta distribución presupuestal refleja que PLASTIROAD no fue planteado únicamente como un ejercicio de laboratorio, sino como una ruta integral de desarrollo tecnológico con componentes de escalamiento, validación, propiedad intelectual y transferencia de conocimiento.

En conjunto, PLASTIROAD se perfila como un proyecto con una narrativa clara de maduración entre 2025 y 2027. En 2025 se concentra en la caracterización del residuo, la formulación y la estandarización inicial del proceso; en 2026 proyecta convertir ese conocimiento en capacidad instalada mediante la puesta a punto de la planta piloto; y en 2027 busca cerrar el ciclo con un prototipo funcional validado, acompañado de productos de divulgación y evidencia técnica para su escalamiento.

Los indicadores proyectados del proyecto combinan metas productivas —como el reciclaje de 6.000 kg diarios de bolsas, la producción de 5.400 kg diarios de modificador y la incorporación en 45 a 77 m³ diarios de mezcla asfáltica— con productos de I+D+i de alto valor —como el secreto empresarial, la planta piloto, el prototipo validado, la publicación científica y los materiales de apropiación social del conocimiento—, posicionándolo como una de las apuestas más robustas de economía circular aplicada al aprovechamiento de residuos agrícolas en el sector vial colombiano.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver



PROYECTO 4: SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS SOSTENIBLES A PARTIR DE MLP Y BOPP PARA BOGOTÁ

El proyecto “Transformación de MLP y BOPP¹ en soluciones constructivas sostenibles para Bogotá”, liderado por Sweven S.A.S., surge como una apuesta de economía circular orientada a cerrar el ciclo de plásticos de difícil disposición que hoy tienen muy baja valorización en el país.

El proyecto busca transformar residuos multicapa y BOPP en soluciones constructivas fabricadas con 100% resina posconsumo, a partir del desarrollo de una tecnología propia de densificación y de un portafolio inicial de productos con aplicación real en infraestructura urbana.

Desde su concepción, el proyecto fue estructurado para avanzar desde un estado temprano de maduración tecnológica, alrededor de TRL 2, hasta un escenario de validación avanzada y preparación comercial, con una ruta de desarrollo que combina diseño de maquinaria, prototipado, validación normativa, retroalimentación de mercado y escalabilidad territorial mediante fábricas móviles.

Durante 2025, en su fase de arranque, el proyecto se enfoca en construir la base técnica y comercial de la solución. En esta etapa se proyecta la vinculación de tres actores

académicos o externos clave, la validación de mercado para priorizar hasta tres productos constructivos, el diseño y construcción de una máquina de densificación con capacidad aproximada de 200 kg/h, y la definición del plan de adaptaciones requeridas para llevar la resina obtenida hacia productos de uso real.

En términos de I+D+i, el producto más representativo de esta primera fase es la máquina de densificación en operación básica, porque constituye el núcleo tecnológico que habilita toda la valorización posterior del MLP y BOPP sin depender de pretratamientos costosos como el aglutinado. Junto con ello, se proyecta consolidar un proceso de reciclaje desarrollado, un informe técnico de priorización y un documento de modificaciones de maquinaria, dejando lista la transición desde la conceptualización hacia la validación aplicada.

Para 2026, el proyecto entra en su fase de desarrollo tecnológico y validación técnica de producto. En este tramo se prevé adaptar la maquinaria existente para la fabricación de los productos seleccionados, poner en operación una máquina de compresión, fabricar tres prototipos iniciales y construir tres moldes definitivos para producción en serie. A esto se suma la proyección de al menos nueve ensayos técnicos y normativos en laboratorios acreditados, orientados a verificar resistencia, absorción, impacto, durabilidad y comportamiento frente a requisitos del sector construcción.



TLR:
Inicial: 2 | Final: 9

Tipología:
Innovación

Aliados Estratégicos: MG Laboratorios ó ICIPC: Pruebas de Laboratorio; CLARKE & MODET: Asesores en propiedad intelectual; theWaY®: Plataforma tecnológica para el reciclador

Objetivo general: Desarrollar e implementar una solución tecnológica para transformar residuos plásticos de difícil disposición (MLP y BOPP) en productos constructivos fabricados con 100 % resina post-consumo, a través del diseño de una máquina de densificación, validación técnica de prototipos y definición de un modelo de escalabilidad con fábricas móviles, con el fin de ampliar la base de materiales aprovechables y contribuir al cumplimiento de metas de economía circular en Colombia.

Objetivos específicos:

- Diseñar, construir y poner en operación una máquina de densificación con capacidad incrementada de 200Kg/h para procesar MLP y BOPP sin requerimientos de pretratamiento, como base para la generación de resina post-consumo de calidad aplicable en procesos constructivos.
- Desarrollar y validar técnicamente tres productos constructivos fabricados con resina reciclada post-consumo, mediante prototipos, ensayos normativos y retroalimentación del mercado, que demuestren viabilidad de aplicación en contextos urbanos o de infraestructura.
- Establecer un modelo replicable de escalabilidad mediante fábricas móviles y gestionar la protección de propiedad intelectual de la solución tecnológica, para facilitar su implementación territorial y garantizar sostenibilidad y apropiación del modelo.

¹ MLP: Por su sigla en inglés Multi Layer Packaging. BOPP: Por su sigla en inglés, Polipropileno bi-orientado. Ambos son material estándar para la envoltura de alimentos, etiquetas y productos cosméticos y de aseo, entre otros.

También se proyecta la producción de tres lotes piloto de productos finales elaborados con 100% PCR, equivalentes en conjunto a 9 toneladas de material transformado. El producto de I+D+i más representativo de 2026 es el conjunto de prototipos iniciales validados técnicamente, porque en esa fase la innovación deja de estar centrada únicamente en la máquina y se materializa en soluciones constructivas concretas, ajustadas mediante ensayos, simulaciones y criterios de manufacturabilidad.

Hacia 2027, el proyecto proyecta culminar su fase de validación integral y preparación para escalamiento. En esta etapa se espera completar la fabricación de los productos finales, realizar validaciones con usuarios clave del sector construcción e infraestructura, consolidar un informe técnico final compilatorio, estructurar un plan de escalabilidad y replicabilidad con fábricas móviles y formalizar una solicitud de propiedad industrial, ya sea como patente, modelo de utilidad o mecanismo equivalente de protección.

En paralelo, se contempla generar una producción científica o técnica, una presentación en evento especializado y dos materiales audiovisuales para divulgación y apropiación de resultados. El producto de I+D+i más representativo de esta fase final es el modelo replicable de escalabilidad con fábricas móviles, porque traduce el desarrollo técnico en una ruta concreta de expansión territorial y sostenibilidad operativa, complementada por la estrategia de apropiación y protección del conocimiento desarrollado.

En términos productivos, se proyecta resultados relevantes tanto en la escala piloto como en su capacidad instalada. Como meta del piloto, se prevé la recuperación y transformación de 9 toneladas de residuos MLP/BOPP, con la fabricación de lotes demostrativos para validación técnica y comercial.

A una escala de despliegue más amplia, la tecnología propone una capacidad potencial cercana a 1.200 toneladas por año de materiales valorizados, lo que permitiría convertir residuos hoy subutilizados en insumos de alto valor para construcción. También se proyecta una reducción de emisiones asociadas al uso de materiales reciclados de 13,5 toneladas de CO₂ en la fase meta del proyecto y un potencial de hasta 1.800 tCO₂e/año bajo capacidad instalada.

A nivel de eficiencia, la solución plantea una mejora mínima del 30% en el proceso de transformación frente a esquemas más convencionales y una tasa de retorno esperada para los sistemas piloto entre 20% y 30%.

En conjunto, Sweven proyecta una trayectoria clara de maduración entre 2025 y 2027. La fase inicial se concentra en la priorización de productos y la construcción de la tecnología base; la fase intermedia se enfoca en prototipos, moldes, lotes piloto y validación normativa; y la fase final busca dejar lista una solución técnica, productiva y comercialmente replicable. Así, el proyecto combina indicadores productivos —residuos recuperados, lotes piloto, productos fabricados, eficiencia del proceso y reducción de emisiones— con productos de I+D+i —máquina de densificación, proceso de reciclaje, prototipos validados, moldes definitivos, informes técnicos, plan de escalabilidad, solicitud de propiedad industrial y producción técnica—, posicionándose como una iniciativa con alto potencial para ampliar la base de materiales aprovechables y abrir nuevas rutas de valorización para plásticos de difícil disposición en Colombia.



TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver



PROYECTO 5: DISEÑO DE EMPAQUE REUTILIZABLE Y RECICLABLE PARA HUEVOS A PARTIR DE BIOCOMPUESTO DE CASCARILLA DE ARROZ

Bajo la ejecución de la Universidad Autónoma de Occidente, el proyecto BioEggPack inició a finales de 2025 con el propósito de desarrollar un empaque para huevos que sea simultáneamente reutilizable y reciclable, a partir de un biocompuesto de cascarilla de arroz con incorporación de poliolefinas recicladas posconsumo.

La iniciativa se estructuró como una respuesta a los retos de retornabilidad del sector, buscando ofrecer una alternativa más durable, higiénica y trazable que los empaques convencionales de un solo uso. El proyecto parte de una base tecnológica ya protegida por patente y plantea una ruta de maduración desde TRL 5 hasta TRL 6, con validación en entornos operacionales simulados, integración de logística inversa y evaluación de aceptación de mercado.

En términos de contexto, la propuesta también se apalanca en la disponibilidad de un subproducto agroindustrial abundante en el país, con una generación cercana a 725 mil toneladas anuales de cascarilla de arroz, lo que le da al desarrollo una base sólida de circularidad y escalabilidad.

Durante la fase inicial de 2025, el proyecto se concentra en la planeación técnica, el análisis normativo y la definición del concepto de empaque. En esta etapa se proyecta consolidar la revisión bibliográfica y técnica de empaques reutilizables, levantar información con empresas

productoras y usuarios, definir criterios sanitarios, logísticos y de desempeño, y traducir esos hallazgos en propuestas conceptuales evaluadas mediante ecoauditorías preliminares. El producto de I+D+i más representativo de esta primera fase es el informe técnico de requerimientos y concepto de diseño más prometedor, porque allí se establece la arquitectura funcional, ambiental y comercial del empaque y se define la base sobre la cual avanzan el modelado, la formulación del material y la posterior validación. También desde esta etapa comienza a perfilarse el componente de mercadeo con estudios cualitativos iniciales apoyados en herramientas de neurociencias aplicadas para identificar preferencias, confianza e interés del consumidor frente a las alternativas de diseño.

En 2026, BioEggPack entra en su núcleo de desarrollo tecnológico. En esta fase se proyecta el modelado detallado en CAD/CAE, la validación estructural del diseño, la selección y optimización de la formulación del biocompuesto y la fabricación de prototipos iniciales mediante impresión 3D, moldes de silicona y pruebas de inyección. El producto de I+D+i más representativo de este año es la formulación optimizada del biocompuesto con cascarilla de arroz y PCR, acompañada de su ficha de proceso y propiedades, porque es el resultado que convierte una idea de material en una solución técnicamente reproducible para manufactura.



TLR:

Inicial: 5 | Final: 6

Tipología:

Desarrollo tecnológico

Objetivo general: Diseñar un empaque reutilizable y reciclable para huevos, elaborado a partir de un biocompuesto de cascarilla de arroz, que contribuya a la economía circular y a la reducción de residuos, mediante la integración de un modelo de logística inversa y estrategias de mercadeo sostenible

Objetivos específicos:

- Desarrollar un prototipo de empaque reutilizable para huevos que cumpla con los criterios técnicos, sanitarios y de desempeño exigidos por las empresas productoras, garantizando su viabilidad comercial y operativa.
- Seleccionar y validar una formulación de biocompuesto basada en la patente con cascarilla de arroz, incorporando poliolefinas recicladas postconsumo (PCR), que pueda ser procesada a nivel industrial mediante tecnologías convencionales de transformación de plásticos.
- Proponer un esquema de logística inversa para la integración del empaque a la economía circular en los diferentes actores de la cadena de suministro.
- Desarrollar un estudio de mercado que evalúe la aceptación del consumidor, la competitividad del producto y su impacto en la sostenibilidad de la industria de empaques, como insumo para estrategias de escalamiento y comercialización.

Como indicadores proyectados de esta fase, el proyecto prevé alcanzar una sustitución de polímeros del orden de 20% en peso como meta del piloto, con potencial de crecer a 30% en escenarios posteriores; igualmente, plantea una incorporación de cascarilla tratada de 20%, con proyección de llegar también a 30%. En el plano material, se estima el uso inicial de 7 kg de material biobasado en el desarrollo del empaque, con una proyección de escalamiento de 300 kg, y una capacidad productiva piloto de 22,5 kg de empaques, con potencial de llegar a 1.000 kg en escenarios de desarrollo posterior. A ello se suma la validación de un molde prototipo en maquinaria de transformación de plásticos bajo condiciones reales de producción, la fabricación de pequeñas series de 5 a 10 especímenes para pruebas preliminares y una preserie corta de entre 20 y 50 unidades para ensayos de usuario, logística y manufactura.

La ejecución presupuestal se orienta a cubrir los componentes de diseño y modelamiento, con énfasis en la adquisición de materiales de referencia y moldes de silicona para manufactura aditiva. Los rubros de inversión comprenden tanto la gestión operativa como la contratación de servicios técnicos especializados para la caracterización morfológica y de higienizado de los materiales. Destacan, además, las inversiones en estudios de mercado con tecnologías de *eye tracking* y *FaceReader*, así como la fabricación del molde prototipo de una cavidad. Este enfoque garantiza que el proyecto trascienda el diseño conceptual, integrando la validación industrial con la ciencia de materiales y el comportamiento del mercado.

La fase de cierre, prevista para 2027, se orienta a la optimización final del diseño, la fabricación del prototipo definitivo y la consolidación de la viabilidad técnica, logística y comercial del sistema. En esta etapa, el producto de I+D+i más representativo será el prototipo industrial del empaque reutilizable y reciclable para huevos, ya validado en

proceso productivo y acompañado por el esquema de logística inversa y los estudios de mercado que soportan su entrada al mercado.

Como resultados proyectados de cierre, el proyecto contempla 4 informes técnicos asociados al desarrollo del empaque, 2 informes técnicos sobre formulación y validación del biocompuesto, 3 informes técnicos para el diseño y evaluación del esquema de logística inversa y 3 informes técnicos de mercado, para un total de 12 informes técnicos; además, proyecta 2 prototipos físicos fabricados, 1 prototipo fabricado a escala industrial y 1 artículo de investigación en revista internacional Q1.

En el frente productivo y comercial, se espera lograr al menos 1 estrategia de acopio y transporte para la fase piloto, con posibilidad de ampliación a 2 estrategias en una fase posterior; una viabilidad económica del sistema de logística inversa cercana a 30% como meta inicial y una mejora proyectada hacia 20% en escenarios más maduros; una tasa de retorno operativa de 10% con proyección de crecimiento a 20%; un nivel de interés, aceptación y disposición a pagar de 30%, con proyección de alcanzar 40%; una validación comercial del orden de 50% en margen de costos, con proyección de 60%; una penetración de mercado inicial de 3%, proyectada a 5%; y una viabilidad de escalamiento industrial de 80%, con proyección de llegar a 90%.

También se proyecta una mejora ambiental medible en la huella del material, con una meta cercana a 1,5 kg CO₂e/kg de empaque y una proyección de aproximarse a 1 kg CO₂e/kg en escenarios de mayor madurez.

En conjunto, BioEggPack muestra una trayectoria clara de maduración entre 2025 y 2027. La primera fase organiza los requerimientos, el concepto y la base normativa y comercial; la segunda transforma esa base en un material optimizado, un diseño validado y una preserie técnica; y la tercera busca cerrar con un prototipo industrial, evidencia de mercado y un esquema de circularidad que permita su escalamiento. Visto así, el proyecto no solo apunta al desarrollo de un nuevo empaque, sino a la construcción de una solución integral que combina nuevo material, ecodiseño, manufactura, logística inversa y validación comercial, fortaleciendo la transición hacia empaques retornables y reciclables de mayor valor agregado para la industria nacional.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver



PROYECTO 6: VALIDACIÓN Y PREPARACIÓN INDUSTRIAL DE BIOPLÁSTICO PARA EMPAQUES FLEXIBLES

Liderado por Productos Buller S.A.S. con el apoyo técnico de Polímeros Sostenibles S.A.S., el proyecto Natupla inició a finales de 2025 con el propósito de validar y escalar una materia prima biobasada y compostable en forma de pellet, desarrollada a partir de almidones naturales y sub-productos agroindustriales, para su uso en empaques flexibles. La apuesta del proyecto es ofrecer un material con desempeño funcional cercano al del polietileno de baja densidad, pero con una base local, renovable y compatible con la infraestructura plástica existente. La iniciativa no parte de cero: llega a esta etapa con formulaciones piloto ya probadas, cerca de 200 kg de bolsas fabricadas en planta piloto y una validación inicial de funcionalidad en condiciones reales de uso, por lo que su ruta de maduración tecnológica se plantea desde TRL 8 hasta TRL 9, es decir, desde una tecnología ya probada en entorno piloto hacia una solución lista para producción industrial y comercialización.

Durante su fase inicial en 2025, el proyecto se concentra en la validación industrial temprana del material con empresas transformadoras externas. En esta etapa se proyecta formalizar al menos dos acuerdos de validación con aliados industriales, producir 100 kg de pellets bioplásticos para ensayos y llevar ese material a pruebas reales de extrusión-soplado para obtener prototipos funcionales de láminas y bolsas.

El proyecto prevé procesar el orden de 100 kg de material en estas pruebas y alcanzar al menos 50 kg de láminas o bolsas conformes, con una eficiencia mínima del 90% en el proceso de transformación. Esta fase incluye la recopilación de variables técnicas de operación, la retroalimentación de operarios y responsables técnicos, y los primeros ajustes iterativos de formulación. Por su valor demostrativo y por ser la primera evidencia directa de compatibilidad industrial, el producto de I+D+i más representativo de 2025 es el prototipo de láminas y bolsas fabricadas en entorno industrial, ya que valida que el pellet puede entrar a líneas productivas reales sin depender de una infraestructura completamente nueva.

En 2026, Natupla entra en su fase de consolidación del escalamiento productivo. Aquí se proyecta identificar y asegurar la maquinaria industrial más adecuada para continuar el desarrollo, fabricar dos lotes piloto de mezcla de aproximadamente 50 kg cada uno, y producir en maquinaria seleccionada un nuevo lote de materia prima en forma de pellets que permita comprobar la escalabilidad del proceso.



TLR:
Inicial: 8 | Final: 9

Tipología:
Innovación

Aliados Estratégicos: Polímeros Sostenibles SAS:
Apoyo técnico

Objetivo general: Validar la materia prima biobasada y compostable en condiciones reales de uso industrial, estableciendo los procesos y requerimientos técnicos necesarios para su producción a escala, con el fin de garantizar su compatibilidad con tecnologías existentes, su desempeño en la fabricación de láminas o empaques flexibles, y su preparación para la implementación comercial.

Objetivos específicos:

- Comprobar el desempeño de la materia prima en la fabricación de láminas o bolsas mediante pruebas con empresas transformadoras, identificando los ajustes técnicos requeridos para garantizar su funcionalidad en procesos industriales.
- Determinar la viabilidad de escalar la producción de la materia prima en condiciones industriales, definiendo parámetros óptimos de operación y los requerimientos técnicos necesarios para diseñar una futura línea de producción propia.
- Diseñar el plan de escalamiento industrial de la producción de la materia prima, estableciendo lineamientos de infraestructura, logística y sostenibilidad, e incorporando criterios de impacto ambiental y disponibilidad de insumos para garantizar una operación competitiva a largo plazo

En términos operativos, la meta es lograr alrededor de 50 kg de pellets conformes en condiciones industriales, acompañados por su caracterización térmica, mecánica, óptica y de procesabilidad. Esta etapa también contempla cinco ciclos de prueba-mejora, orientados a ajustar formulación, parámetros de operación y calidad del material. A nivel de desempeño, el proyecto busca pasar de una referencia inicial de 8 a 10 kg/h a una meta de 100 kg/h, con una proyección posterior de 200 kg/h, y elevar la eficiencia del proceso de mezcla y fabricación desde 90 % hasta 95 % en escenarios más maduros. En esta fase, el producto de I+D+i más representativo de 2026 es el prototipo de lote de materia prima en forma de pellets fabricado en maquinaria seleccionada, porque demuestra que la formulación ya no solo funciona en planta piloto, sino que puede reproducirse en condiciones industriales con criterios de calidad controlados.

Para 2027, el culminará con la estructuración integral de su escalamiento industrial. Esta fase contempla la definición de lineamientos de operación y control de calidad, un plan de abastecimiento y logística, un plano preliminar de planta, una evaluación ambiental con su plan de gestión y un documento integral de diseño y planificación del escalamiento industrial que consolide procesos, requerimientos de infraestructura, abastecimiento y sostenibilidad.

En paralelo, se prevé presentar una solicitud de patente para proteger el proceso y la tecnología asociada, además de cerrar con una producción científica o técnica, un informe técnico final compilatorio, dos piezas audiovisuales y una presentación en evento científico o técnico. Por su capacidad de integrar todos los aprendizajes técnicos, operativos y ambientales en una ruta concreta de implementación, el producto de I+D+i más representativo de 2027 es el documento integral de diseño y planificación del escalamiento industrial, complementado por la protección de propiedad intelectual. A partir de este cierre,

se proyecta la futura puesta en marcha de dos módulos de planta con capacidad de 40 toneladas por mes, el ingreso al mercado nacional con primeros clientes y la generación de al menos 10 empleos verdes directos.

En conjunto, los indicadores de I+D+i proyectados muestran una ruta clara de maduración: 1 documento integral de escalamiento industrial, avance de TRL 8 a TRL 9, 4 alianzas con actores del ecosistema, 1 resultado protegible por propiedad industrial, 1 producción científica o técnica y 1 informe técnico final compilatorio. A ello se suman indicadores productivos concretos: 100 kg de pellets para ensayos con transformadores, 50 kg de láminas o bolsas aceptadas, 100 kg de mezcla para ensayos de escalamiento, 50 kg de material fabricado en maquinaria seleccionada, 5 pilotos o ciclos de ajuste técnico, una meta de 100 kg de material virgen evitado en la etapa del proyecto y una proyección posterior del orden de 20 toneladas por mes de sustitución de material convencional. En términos económicos, el proyecto también busca reducir el costo del pellet desde una base cercana a \$14.500/kg hasta una meta de \$11.500/kg, con proyección de llevarlo a \$10.500/kg en una fase industrial posterior.

La distribución de los recursos se organiza en torno a tres ejes principales: el fortalecimiento del capital humano (especializado y de soporte), el robustecimiento de la infraestructura técnica (equipos y servicios tecnológicos) y el aseguramiento de la innovación a través de insumos de I+D y trámites de patentamiento. Complementariamente, el proyecto aprovecha una contrapartida en especie representada en el uso de laboratorios y equipos especializados, garantizando así un soporte robusto para las actividades de validación y escalamiento industrial.

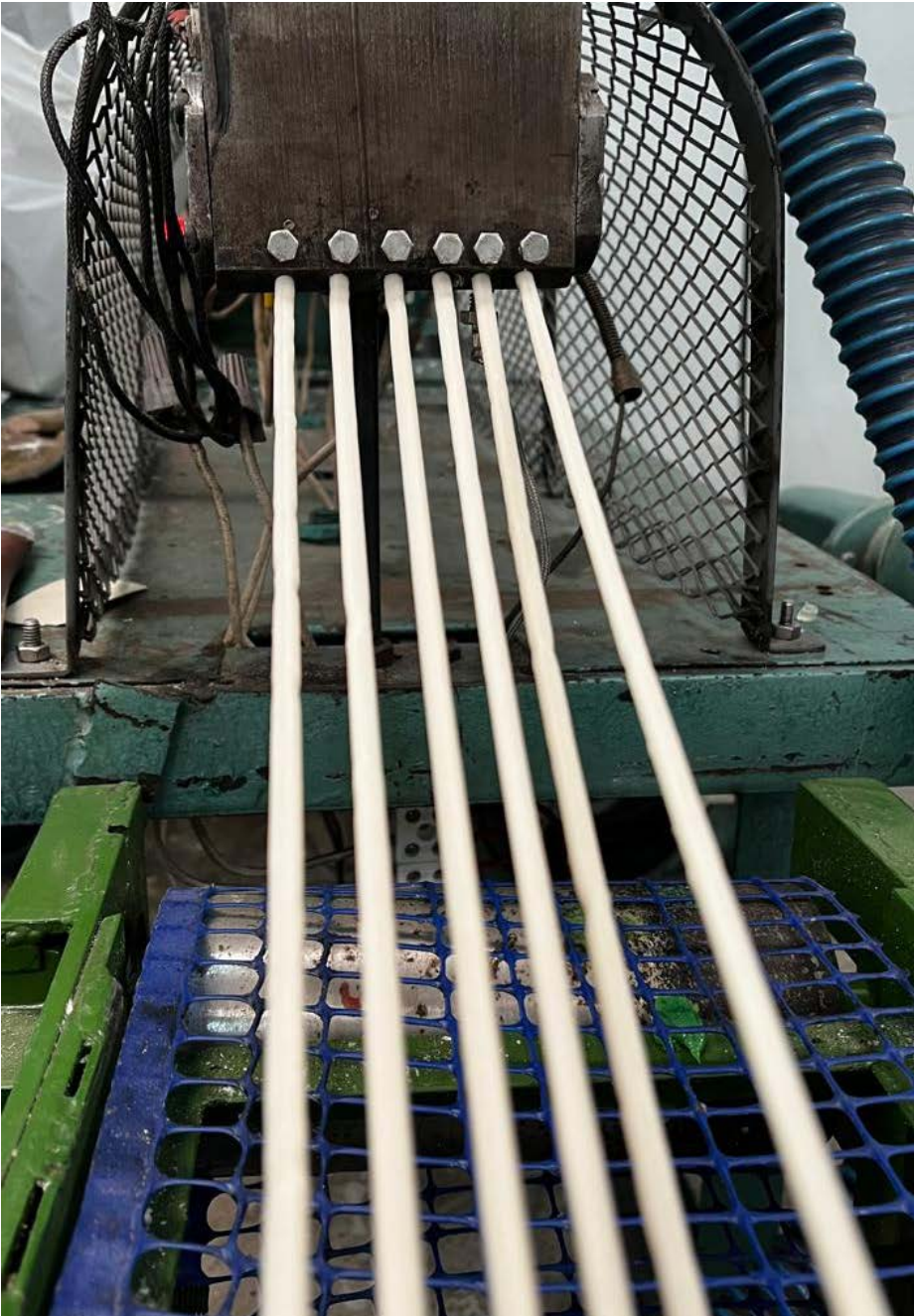
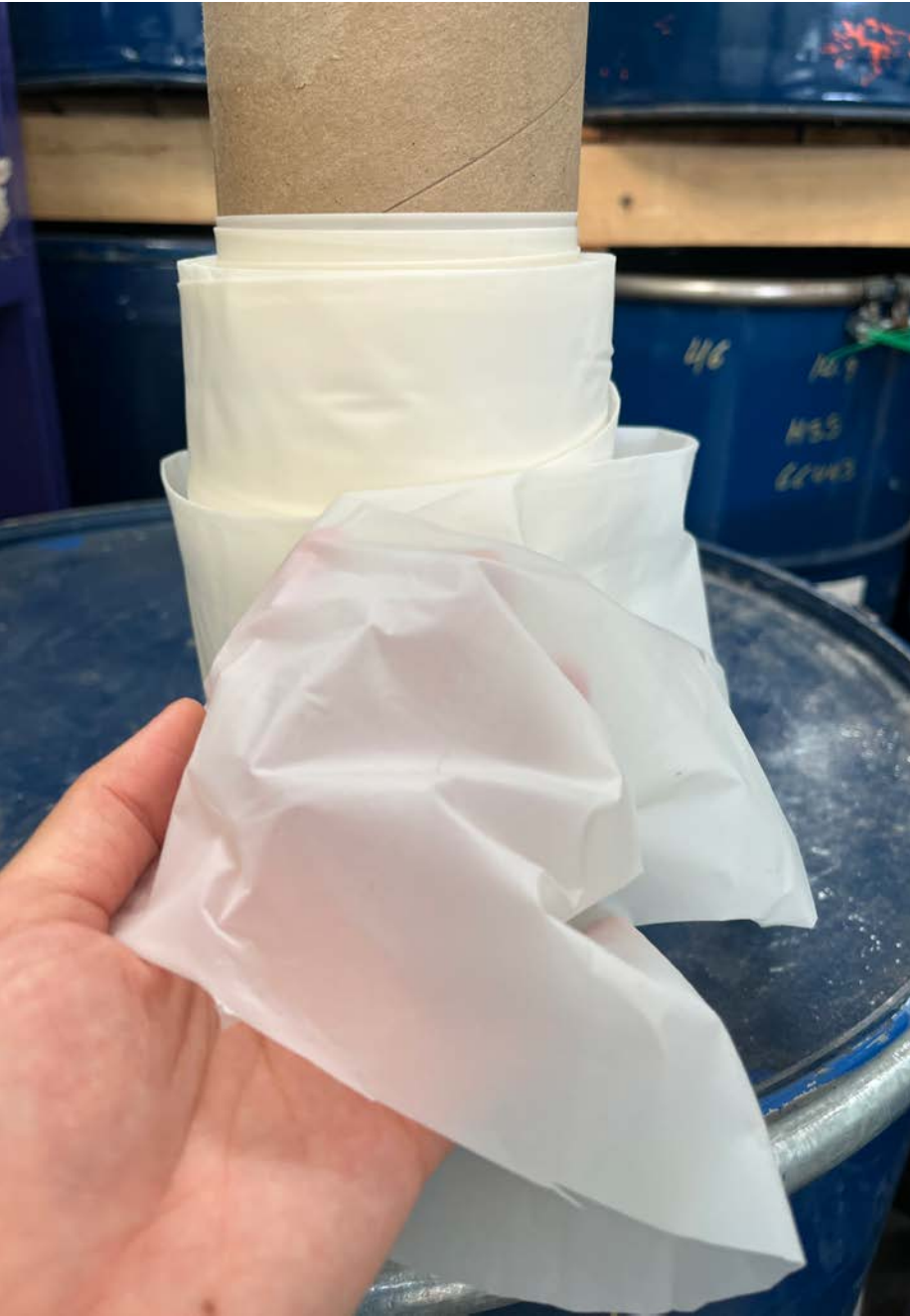
Esa inversión se traduce en actividades muy concretas. En capacidades de prueba y proceso se contemplan equipos como extrusora piloto de laboratorio, extrusora de producción, mezcladora de almidón, pelletizadora y

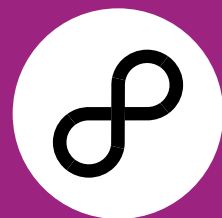
equipos de caracterización, todos orientados a producir lotes de prueba, ajustar formulaciones y validar el desempeño del material. En activos productivos se prevé fortalecer la operación con una mezcladora para almidón de 1 tonelada y una cámara de estabilidad. En insumos se consideran compras de 2.100 kg de almidones de yuca, plátano y maíz, 1.500 kg de plastificantes y 500 kg de polímeros de refuerzo, mientras que los servicios técnicos cubren la optimización de formulación, las pruebas de producción en máquinas externas y la caracterización de materiales bajo criterios técnicos aplicables. De este modo, el proyecto no solo financia el desarrollo del pellet, sino la transición completa hacia su adopción industrial.

En síntesis, Natupla proyecta una trayectoria de maduración muy clara entre 2025 y 2027: una primera fase enfocada en validar industrialmente el material con transformadores externos; una segunda fase orientada a demostrar la escalabilidad del pellet y consolidar sus parámetros de operación; y una fase final dedicada a dejar estructurada la hoja de ruta industrial, logística, ambiental y de propiedad intelectual para su entrada al mercado.

Así, el proyecto no se limita a desarrollar un bioplástico compostable, sino que construye las condiciones técnicas, productivas y comerciales para que ese material pueda convertirse en una alternativa real de sustitución de empaques flexibles de baja reciclabilidad en Colombia.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver





MODELO DE NEGOCIO: PRODUCTO COMO SERVICIO

Los siguientes dos proyectos, se catalogan bajo el modelo de negocio circular de Producto como servicio, dado que su desarrollo implica un cambio de paradigma donde el cliente paga por el servicio o la función que provee un producto, en vez de comprar el producto en sí; Estos son los casos de Xiclo (proyecto iniciado en 2023 y culminado en 2025) y Reúsalo Tech (Iniciado en 2025), proyecto a culminar en 2027.



PROYECTO 7: REÚSALO TECH 4.0

El proyecto Reúsalo Tech 4.0, liderado por Reúsalo S.A.S. BIC en alianza con Colombina S.A. e IKU S.A.S. BIC, inició a finales de 2025 como una evolución del modelo de retornabilidad que la empresa ya venía operando en el mercado. Sobre una trayectoria de más de una década en recuperación, reacondicionamiento y reintegración de cajas a cadenas de distribución, el proyecto se planteó como el paso siguiente para sofisticar ese servicio mediante herramientas de Industria 4.0, integrando identificación por QR y RFID¹, analítica de datos, infraestructura en la nube y tableros de control para convertir la retornabilidad en un sistema medible, trazable y escalable.

La iniciativa parte de una base tecnológica equivalente a TRL 6 y proyecta alcanzar TRL 7 al cierre de 2027, con posibilidad de seguir avanzando hacia TRL 8 en una etapa posterior de escalamiento. Su propósito no es solo recuperar cajas, sino transformar la caja en un activo inteligente dentro de un esquema de producto como servicio, capaz de generar información útil para la operación, la sostenibilidad y la toma de decisiones empresariales.

En su fase inicial de 2025, el proyecto se concentra en el diagnóstico del sistema actual y en la definición de la línea base técnica, económica y ambiental. Esta etapa contempla el levantamiento de requerimientos con clientes y actores de la cadena, la definición de indicadores, la revisión normativa, el análisis de necesidades operativas y la identificación de estándares y sellos de sostenibilidad que den soporte al modelo. El producto

¹ QR (Quick Response Code), RFID (Radio Frequency Identification)



TLR:

Inicial: 6 | Final: 8

Tipología:

Innovación

Aliados Estratégicos: Colombina S.A.: Beneficiario; IKU S.A.S. BIC: Consultor experto I+D+i

Objetivo general: Diseñar y realizar un prototipo de plataforma tecnológica operativa de sistema producto-servicio sostenible, que facilite el retorno y reuso de cajas de embalaje, mejore la trazabilidad y rastreo en distribuidores y cadenas logísticas, alcanzando un nivel de madurez tecnológica (TRL) 6 a 7, con mejores impactos ambientales y costos.

Objetivos específicos:

- Establecer una línea base del comportamiento en sostenibilidad y viabilidad del servicio que presta la empresa, definiendo los requerimientos y características del proceso de trazabilidad que demanda el mercado bajo criterios de economía circular.
- Diseñar la arquitectura del nuevo sistema que integra software y hardware a la propuesta de modelo de negocio, basado en los requerimientos establecidos.
- Implementar y evaluar una plataforma tecnológica mediante un piloto para la movilización de 30.000 cajas, validando el modelo en aspectos técnicos, de mercado y sostenibles, y estableciendo un plan de mejora con base en criterios e indicadores de trazabilidad y circularidad.

de I+D+i más representativo de esta fase es el informe de análisis situacional inicial con requerimientos técnicos, económicos y ambientales, porque allí se estructura el mapa completo de necesidades del sistema, se definen los KPI que se monitorearán y se traduce la experiencia empírica acumulada por Reúsalo en una arquitectura de datos y trazabilidad lista para evolucionar. En esta etapa también se consolida el valor estratégico del proyecto: pasar de un proceso intensivo en gestión manual a un modelo digitalizado capaz de documentar recorridos, ciclos de uso, puntos de retorno, reacondicionamiento y reingreso de las cajas.

Durante 2026, Reúsalo Tech 4.0 entra en su fase de diseño y desarrollo del sistema mínimo viable. Aquí se proyecta el diseño técnico y funcional de la plataforma operativa, la definición de su arquitectura de software y hardware, el desarrollo del módulo de información para clientes, la construcción de la base de datos en la nube y el montaje de dashboards para visualización de indicadores clave. Paralelamente, se contempla la adquisición e instalación de equipos para la captura y gestión de datos en campo, así como el desarrollo de prototipos físicos y operativos asociados al sistema. El producto de I+D+i más representativo de 2026 es el MVP² de la plataforma operativa, ya que integra el corazón tecnológico del proyecto: una solución que combina lectura digital, trazabilidad de activos, analítica y gestión de usuarios en una sola lógica de servicio. A ello se suman cuatro prototipos orientados a mejorar el desempeño del sistema: adaptaciones de cierre de cajas, refuerzos estructurales, pruebas con materiales alternativos para prolongar la vida útil y configuraciones de hardware/software para optimizar velocidad y precisión de lectura.

En términos de indicadores proyectados, esta fase intermedia prepara las condiciones para que, al cierre del pi-

loto, el sistema alcance 30.000 cajas etiquetadas con QR y/o RFID, que se convierten en la base del seguimiento digital del proyecto. También se proyecta consolidar 3 productos de generación de nuevo conocimiento y validación técnica, representados en los informes parcial y final, junto con el documento de diagnóstico, además de 1 resultado protegible por propiedad industrial, asociado al registro de marca y a la eventual protección del sistema tecnológico o de componentes del modelo. De manera complementaria, el proyecto prevé generar 2 piezas audiovisuales, 1 piloto de proceso plenamente documentado y 1 informe técnico final compilatorio, fortaleciendo tanto la apropiación del conocimiento como la posibilidad de escalamiento comercial.

La fase final de 2027 está centrada en la implementación integral del piloto y en la validación del sistema en condiciones reales de operación. El proyecto prevé movilizar 30.000 cajas dentro de un circuito controlado de retorno, recolección, acopio, reacondicionamiento, nueva entrega y segunda recolección, con instalación de hardware en bodega, puesta en marcha de la web app, capacitación de usuarios y despliegue del sistema hacia distintos puntos de la cadena logística. En este cierre, el producto de I+D+i más representativo de 2027 será el piloto operativo de la plataforma tecnológica con trazabilidad activa de 30.000 cajas, porque es allí donde la propuesta deja de ser únicamente una arquitectura diseñada y pasa a convertirse en una solución validada en entorno operacional. Como parte del cierre, el piloto estará acompañado por un informe parcial de validación, un informe final de resultados con hoja de ruta de mejora y material de divulgación que permita transferir el aprendizaje a clientes, aliados e inversionistas.

Los indicadores productivos proyectados muestran un alcance relevante para el piloto. En eficiencia de retornabilidad, la meta se ubica en 70%, partiendo de una línea base cercana al 60% sobre las cajas gestionadas por Reúsalo. En desempeño del activo, se proyecta llegar a 2 ci-

clos de reúso por caja dentro del piloto, lo cual representa un avance importante frente a la lógica lineal de un solo uso y abre la posibilidad de seguir aumentando los ciclos en etapas posteriores. En impacto material, se espera retornar alrededor de 18 toneladas de cajas, equivalentes a material evitado, y alcanzar una reducción de costos por reúso del orden de 25% frente al esquema convencional de cajas de un solo ciclo. En impacto climático, el sistema proyecta evitar aproximadamente 16 toneladas de CO₂e, mientras que en articulación de cadena se espera pasar de 12 a 15 actores vinculados entre productores, distribuidores, puntos de recolección y otros aliados. En conjunto, estos indicadores muestran que la tecnología no solo busca mejorar el control del activo, sino demostrar valor económico, ambiental y logístico.

Desde el frente financiero, la inversión prioriza principalmente el desarrollo tecnológico y la capacidad operativa del piloto. Se destinaron \$89.408.000 a personal especializado y \$46.657.600 a personal de apoyo, reforzando la gerencia técnica, el diseño estratégico, la sostenibilidad y la operación en bodega. A esto se suman \$23.270.571 en activos productivos y equipos, \$78.500.000 en insumos y materiales de I+D, \$8.000.000 en servicios técnicos o tecnológicos, \$22.800.000 para diseño de prototipos, \$43.760.000 en desarrollo y licencias de software, \$3.150.000 en patentamiento, \$5.000.000 en divulgación y \$8.400.000 en viajes o salidas técnicas. Esta estructura financiera muestra que el proyecto no se limita al diseño conceptual del sistema, sino que financia de manera concreta su construcción, validación y preparación para escalamiento.

La destinación específica de estos recursos refuerza esa lógica. En hardware y operación se contemplan equipos como lectores RFID, tabletas, soportes para captura en puestos de trabajo, portátil para gestión del sistema, báscula electrónica y mesa de trabajo adaptada, elementos necesarios para registrar eventos, pesar lotes y operar el piloto con trazabilidad en tiempo real. En materiales e in-

2 Mínimo producto viable

sumos, el proyecto considera 30.000 cajas para el piloto, aportadas en parte por Colombina, así como la creación e impresión de 30.000 códigos QR y el suministro de 5.000 etiquetas RFID para validar la tecnología de mayor sofisticación en un subconjunto del circuito. En software, la inversión cubre tanto el desarrollo de la plataforma de gestión de activos y su módulo de indicadores como el alquiler de la web app que soportará la trazabilidad. Los servicios técnicos incluyen la instalación y configuración del sistema y la capacitación de usuarios, mientras que el rubro de patentamiento abre la puerta a proteger marca, software, modelo de utilidad o diseños derivados del proyecto.

En conjunto, Reúsalo Tech 4.0 plantea una ruta clara de maduración entre 2025 y 2027. La primera fase consolida la línea base y los requerimientos; la segunda diseña el MVP y construye la arquitectura tecnológica y los prototipos; y la tercera valida el sistema en operación real con 30.000 cajas trazadas.

Así, el proyecto no solo proyecta fortalecer la retornabilidad de cajas de cartón, sino convertirla en un modelo inteligente, medible y escalable, capaz de aumentar ciclos de uso, reducir costos, evitar emisiones y generar evidencia robusta para que la retornabilidad se consolide como una alternativa circular de mayor valor frente al reciclaje inmediato.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver



PROYECTO 8: XICLO - SISTEMA DE REUTILIZACIÓN EMPAQUES RETORNABLES

Bajo la ejecución de Xiclo S.A.S., se desarrolla el proyecto “Xiclo: Crecimiento del sistema de reutilización de empaques retornables para alimentos y bebidas”, una iniciativa que inició a finales de 2023 con el propósito de documentar, validar y escalar un modelo de retornabilidad orientado a sustituir empaques de un solo uso mediante una solución integral que articula envases reutilizables, lavandería especializada, logística inversa y una plataforma digital de trazabilidad. Desde su arranque, el proyecto se planteó no solo como una prueba operativa, sino como una ruta de maduración tecnológica y comercial para consolidar un sistema replicable en distintos segmentos del sector de alimentos y bebidas. En ese sentido, el proyecto partió de una base de madurez avanzada, con experiencia previa en operación real, y se propuso evolucionar hacia una solución de mayor sofisticación comercial y tecnológica, apalancada en estándares operativos, analítica de datos y licenciamiento tipo SaaS¹, como mecanismo para ampliar su alcance de mercado.

En su primera fase, durante 2023 y comienzos de 2024, el énfasis estuvo en la validación del modelo a partir de pilotos tempranos, especialmente en restaurantes y en servicios asociados a domicilios y alimentación. En esta etapa se estructuró la metodología de captura y análisis de datos del piloto, se definieron indicadores de creci-

miento comercial y se generó evidencia cuantitativa y cualitativa para evaluar la viabilidad de sustituir empaques de un solo uso por envases retornables. El producto de I+D+i más representativo de esta fase fue el análisis cuantitativo y cualitativo del piloto, acompañado por la guía metodológica de análisis de datos y el formato validado para el reporte de información. Estos entregables transformaron una validación inicial en una base técnica para la toma de decisiones, permitiendo identificar patrones de uso, barreras de adopción, tasa de retorno, preferencias de usuarios y oportunidades de mejora del sistema. En paralelo, también se diseñó la herramienta de retroalimentación para usuarios y aliados, dando al proyecto una base de seguimiento no solo operativa, sino también relacional y comercial.

El proyecto avanzó desde la validación metodológica hacia la consolidación de una capacidad productiva y operativa real. En esta fase se arrendó y adecuó el espacio de lavandería, se incorporó el sistema de lavado, se integró un vehículo eléctrico para la recolección y distribución de envases, obteniendo, en abril de 2024, el concepto sanitario; hito clave para habilitar el crecimiento del sistema con aliados de mayor exigencia en inocuidad y control.



TLR:
Inicial: 9 | Final: 9

Tipología:
Innovación

Aliados Estratégicos: GIZ: Cofinanciador

Objetivo general: Documentar e implementar procesos e infraestructura para el crecimiento comercial del sistema Xiclo, de envases y empaques reutilizables vía retornabilidad para la sustitución de los empaques de un sólo uso para el servicio de alimentos y bebidas, mediante la medición y análisis de data, definición del sistema productivo y determinación de su valor comercial.

Objetivos específicos:

- Generar recomendaciones a partir del análisis de los datos capturados durante la operación del piloto Prousar para la evaluación de la viabilidad de la sustitución de envases y empaques de un sólo uso utilizados para la entrega de domicilios (establecidos en marco de la ley 2232 de 2022), por empaques retornables, para un determinado número de productos del sector de restaurantes.
- Ampliar la capacidad productiva y desarrollar el modelo de lavandería as a service de Xiclo, de envases y empaques reutilizables vía retornabilidad, a partir de la adecuación de la infraestructura y, la documentación, optimización y estandarización de las 3 etapas clave del modelo: 1) lavandería, 2) monitoreo y control de inventarios y 3) logística.
- Definir la ruta de crecimiento del sistema Xiclo, que permitan generar un producto mercadeable o comercializable del modelo de lavandería as a service, con el fin de viabilizar la escalabilidad de la solución hacia otros mercados.

¹ Por su sigla en inglés Software as a service.

De manera complementaria, se documentaron y estandarizaron las cuatro etapas clave del modelo: lavandería, monitoreo y control de inventarios, y logística. Esto incluyó la elaboración de flujogramas, inventarios y análisis de costos de activos e insumos, además del seguimiento sistemático del desempeño operativo mediante KPI de volumen procesado, tiempos de ciclo, utilización de capacidad, rotación de inventario y tasas de retorno.

El producto de I+D+i más representativo de 2024 fue el modelo de *lavandería as a service* estandarizado y documentado, porque convirtió la idea de retornabilidad en una infraestructura operable, medible y escalable. Esta fase permitió demostrar que la lavandería, si opera en un esquema continuo de 24 horas al día y 7 días a la semana, podría alcanzar una capacidad de recirculación de hasta 144.000 envases al mes, lo que evidencia que la infraestructura instalada fue concebida no solo para pilotos controlados, sino para una expansión comercial de mayor escala.

En términos financieros, la mayor proporción de recursos se destinó a activos productivos y equipos, con aproximadamente \$181.000.012, reflejando la prioridad dada a la capacidad instalada del sistema; le siguieron \$37.139.998 en servicios técnicos y tecnológicos, \$36.515.994 en personal de apoyo y \$33.343.996 en personal especializado.

La fase de 2025 estuvo marcada por la transición desde una lógica apoyada en app propietaria hacia un modelo de licenciamiento tecnológico y trazabilidad más sofisticado. En este periodo se consolidó Xiclo SaaS como la estrategia más efectiva para escalar el sistema, permitiendo integraciones directas con plataformas de terceros, reduciendo fricciones en la experiencia de usuario y habilitando formatos como Tap & Reuse y la trazabilidad por carnés institucionales. El producto de I+D+i más representativo de esta fase fue la consolidación y validación del sistema Xiclo SaaS en operación real, porque

permitió transformar la retornabilidad en una solución interoperable, comercializable y adaptable a múltiples contextos de consumo.

En esta etapa también se fortaleció la ruta de expansión mediante informes de seguimiento de indicadores, comparativos de costos y peso por tipo de empaque, metodologías para cálculo de materiales y emisiones evitadas, manual técnico de lavandería, análisis de retroalimentación de usuarios e informes de oportunidades de expansión y nuevos modelos de negocio.

En términos de indicadores productivos acumulados, entre noviembre de 2023 y marzo de 2025 el sistema alcanzó 34.823 envases prestados y 34.472 envases retornados, es decir una retornabilidad del 98,99 %, lo que evidencia una eficiencia de retorno sobresaliente y una alta capacidad para cerrar efectivamente el ciclo. En ese mismo periodo, la base de usuarios registrados pasó de 5.729 a 16.268 usuarios, lo que representa un crecimiento aproximado de 184 %. El indicador de uso promedio por envase evolucionó de 0,14 ciclos al inicio a 32,28 ciclos por envase en marzo de 2025, reflejando una maduración operativa significativa. A su vez, el tiempo promedio de retorno mejoró de 8,48 días a 4,07 días, con un mínimo de 3,6 días durante 2024, lo que muestra una aceleración en la rotación de activos y una mayor estabilidad del sistema. En la operación de lavandería también se evidenció escalamiento: el número de entregas a establecimientos alcanzó 75 entregas en febrero de 2025 y 73 en marzo de 2025, mientras que el promedio de envases por orden mostró una tendencia de crecimiento, alcanzando picos de eficiencia logística relevantes durante la fase de expansión institucional.

Los impactos ambientales acumulados reforzaron la solidez del modelo. A marzo de 2025, el sistema había evitado aproximadamente 2.407 kg de CO₂, ahorrado más de 1.521 litros de agua, evitado 73.998 kWh de energía y

reducido 522,34 kg de residuos plásticos, equivalentes a decenas de miles de empaques de un solo uso que no terminaron en rellenos sanitarios. Más allá del dato agregado, estos resultados fueron consistentes con la lógica del proyecto: maximizar los ciclos de uso de cada activo, reducir la presión sobre materiales de un solo uso y convertir la trazabilidad en una herramienta para demostrar impactos ambientales verificables en carbono, agua, energía y residuos.

A nivel de casos de uso, el proyecto dejó resultados destacados. En Takamí, el sistema movilizó 20.561 envases, evitando 367,5 kg de CO₂ y 411 kg de residuos plásticos, validando la adopción orgánica del modelo en restaurantes y domicilios. En DCASA, el piloto de planes de alimentación alcanzó 7.096 usos de envases retornables, con la evitación de 126,8 kg de CO₂ y 141,9 kg de residuos plásticos, mostrando la alta afinidad del modelo con esquemas institucionales de consumo recurrente. En Juan Valdez – ANDI, durante ocho semanas de operación en un ecosistema cerrado, se lograron 8.261 usos de vasos retornables, con un promedio de 12,44 ciclos por vaso y una merma de apenas 3 %, validando la eficacia del sistema en entornos corporativos controlados. En el caso del PAE², el piloto alcanzó aproximadamente 57 envases reutilizables por día en un solo colegio, con una pérdida de solo un envase en cinco días, confirmando la viabilidad del sistema para esquemas de gran volumen y alta frecuencia. Adicionalmente, el análisis estratégico del proyecto permitió identificar que programas de gran escala como el PAE en Bogotá, con un consumo estimado de alrededor de 65.000 empaques de un solo uso por día, representan una de las mayores oportunidades para el escalamiento futuro del modelo, especialmente mediante trazabilidad RFID y software de gestión de activos.

² Programa de alimentación escolar

En conjunto, el proyecto permitió pasar de una fase de experimentación y validación inicial a una ruta clara de escalamiento comercial, operativo y tecnológico. En 2023 se consolidó la base metodológica y analítica del sistema; en 2024 se estructuró la infraestructura y el modelo productivo de lavandería as a service; y en 2025 se fortaleció la capa tecnológica y comercial con la consolidación de Xiclo SaaS, la trazabilidad más fluida y la expansión hacia ecosistemas cerrados y canales institucionales.

Así, el principal resultado estratégico del proyecto no fue únicamente demostrar que la retornabilidad funciona, sino probar con evidencia operativa, financiera, ambiental y de I+D+i que Xiclo es un modelo escalable, replicable y con capacidad real de sustituir empaques de un solo uso en múltiples segmentos del sector de alimentos y bebidas.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Desarrollo de sistemas, procesos y procedimientos basados en innovaciones radicales o incrementales	Fichas técnicas de envases y empaques	Ver
	Ficha técnica de lavandería	Ver
	Informe determinación de EROI	Ver
	Formato calculadora prototipo EROI	Ver
	Informe comparativo de peso y costos por tipo empaque	Ver
	Informe resultados metodología materiales y emisiones evitadas	Ver
	Manual técnico de lavandería	Ver
	Informe resultado retroalimentación de los usuarios	Ver
	Informe de seguimiento a indicadores	Ver
	Informe de oportunidades de expansión	Ver
Conceptos técnicos	Base de datos indicadores ProUSAR.	Ver







MODELO DE NEGOCIO: RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN

Los siguientes 7 proyectos se catalogan bajo el modelo de negocio de recuperación y transformación, dado su enfoque en la recuperación y transformación para cerrar el ciclo, devolviendo recursos al proceso productivo y evitando que terminen como desperdicio.



PROYECTO 9: FORTALECIMIENTO A EMPRESAS TRANSFORMADORAS

Bajo el liderazgo de PM Tec Engineering S.A.S, a través de su división C-Pack, se ejecuta el proyecto “Fortalecimiento del cierre de ciclo en empaques plásticos en Colombia: mejora de la calidad de materias primas recicladas de empresas transformadoras”, una iniciativa que dio continuidad al trabajo iniciado en 2023 y que, en su segunda etapa, arrancó a finales de 2024 con el respaldo de Visión Circular.

El proyecto se orientó al fortalecimiento técnico, operativo y estratégico del eslabón transformador de envases y empaques plásticos posconsumo en Colombia, entendiendo que la calidad del material reciclado depende, en gran medida, de la capacidad de las organizaciones transformadoras para clasificar, descontaminar, procesar y validar técnicamente sus materias primas. Desde su formulación, la iniciativa se planteó como un desarrollo de madurez temprana, con una ruta de avance de TRL 3 a TRL 4, enfocada en generar evidencia cuantitativa, metodologías aplicadas y soluciones de mejora escalables para el sector.

En su fase inicial de 2023, el proyecto construyó la línea base técnica del eslabón transformador mediante una metodología diagnóstica que evaluó 17 variables clave agrupadas en adquisición de materias primas, alistamiento, descontaminación, procesamiento, producto terminado y aspectos administrativos. Esta fase permitió diagnosticar organizaciones del sector, comparar ni-



TLR:

Inicial: 3 | Final: 4

Tipología:

Desarrollo experimental

Objetivo general: Seguir construyendo la eficiencia y sostenibilidad de las 14 organizaciones transformadoras de envases y empaques plásticos posconsumos participantes del diagnóstico realizado en el 2023, mediante la implementación de innovaciones tecnológicas y operativas.

Objetivos específicos:

- Diseñar y construir hojas de rutas para cada organización participante, impactando al menos una variable de mejora crítica y facilitando la implementación de soluciones innovadoras.
- Desarrollar capacitaciones colectivas centradas en los temas de mayor necesidad para las empresas, fomentando la adopción de mejores prácticas operativas y tecnológicas.
- Realizar visitas técnicas a las plantas de las empresas participantes para la actualización del diagnóstico y construcción conjunta de las hojas de ruta.
- Caracterizar, mediante pruebas técnicas, las materias primas de al menos siete organizaciones, proporcionando datos clave que respaldan la calidad y sostenibilidad de los materiales reciclados.

veles de madurez en una escala de 1 a 3 e identificar las brechas más críticas para el cierre de ciclo, especialmente en clasificación, control de calidad, estado de maquinaria, formalización operativa y gestión de recursos. Por su capacidad para ordenar el problema sectorial y convertirlo en una herramienta de intervención, el producto de I+D+i más representativo de 2023 fue la matriz metodológica de diagnóstico y madurez del eslabón transformador, que se consolidó como la base técnica de todo el proceso posterior.

La segunda etapa, desarrollada entre finales de 2024 y 2025, amplió y profundizó ese trabajo con el acompañamiento a 12 organizaciones transformadoras ubicadas en distintas regiones del país, de las cuales cinco tenían continuidad desde la primera fase y siete se vincularon por primera vez. En esta etapa se desarrollaron 12 diagnósticos técnico-operativos y se construyeron 12 hojas de ruta individualizadas, priorizando al menos una brecha crítica por organización.

El análisis consolidado mostró que el eslabón transformador se encuentra en un nivel intermedio de madurez, con la mayoría de variables en rangos promedio entre 1,8 y 2,3, pero con rezagos persistentes en cinco frentes estratégicos: denominación técnica de materias primas por estructura molecular, identificación de la materia prima a la salida, tratamiento de aguas, fuentes de energía y disponibilidad de pruebas en laboratorios de calidad. A nivel de proceso, la etapa de producto terminado fue la más rezagada, con una calificación promedio de 1,6, mientras que la variable de disponibilidad de pruebas de laboratorio presentó un promedio de 1,0, evidenciando la ausencia total de rutinas sistemáticas de validación técnica del material reciclado. En esta fase, el producto de I+D+i más representativo de 2024 fue el paquete de diagnósticos actualizados y hojas de ruta personalizadas, porque trajo la línea base sectorial en planes concretos de mejora para cada organización acompañada.

Durante el desarrollo del acompañamiento, el proyecto también fortaleció capacidades mediante cuatro webinars técnicos de dos horas cada uno y sesiones prácticas en planta enfocadas en Buenas Prácticas de Manufactura, documentación y estandarización de procesos, certificación y cumplimiento normativo, optimización del consumo energético, identificación de familias de polímeros, diferenciación por proceso de transformación de origen y prevención de contaminación cruzada. En términos productivos, esta fase dejó como resultados verificables 12 diagnósticos, 12 hojas de ruta, 4 espacios de capacitación colectiva, múltiples jornadas prácticas en planta y una lectura sectorial comparable del estado operativo del eslabón transformador. Como indicadores de impacto esperados, el proyecto se propuso que al menos 7 organizaciones lograran implementar mejoras derivadas de sus hojas de ruta, duplicar el número de organizaciones capacitadas desde una línea base de 7 hasta 14, mantener el despliegue completo de visitas técnicas y generar 7 fichas técnicas para fortalecer la competitividad de las materias primas recicladas.

Uno de los componentes más sólidos del proyecto fue la caracterización de materiales de siete organizaciones sobre polímeros de las familias PE, PP y PS, a partir de pruebas técnicas que permitieron evaluar propiedades reológicas, térmicas y mecánicas bajo estándares aplicables al sector. Como resultado, se generaron siete fichas técnicas estandarizadas, cada una acompañada por su informe de laboratorio y una guía de interpretación para uso comercial y operativo. Esta caracterización confirmó que la variabilidad del material reciclado es una condición estructural del sector y que muchas de las dispersiones observadas están asociadas a deficiencias en clasificación, mezcla de grados y ausencia de control de calidad sistemático. En el caso del PE, por ejemplo, se identificaron dispersiones significativas en el índice de fluidez (MFI) y presencia variable de fracciones de PE de baja densidad dentro de mezclas reportadas como PEAD, afectando ri-

gidez, estabilidad dimensional y ventana de transformación. Bajo ese componente, el proyecto dejó un indicador claro de I+D+i: 7 procesos de caracterización con sus respectivas fichas técnicas, que elevaron la trazabilidad, confiabilidad y valor comercial del material reciclado.

Como respuesta aplicada a las brechas detectadas en clasificación, flujo y contaminación cruzada, el proyecto desarrolló el diseño conceptual de una Unidad de Clasificación modular, escalable y adaptada a las condiciones reales de las plantas acompañadas. Esta solución fue concebida para mejorar el orden del flujo de materiales, reducir puntos de mezcla indeseada, facilitar la segregación por familia y grado de polímero y elevar la productividad sin depender de soluciones complejas o costosas. El diseño permite separar hasta cuatro categorías de material en un solo ciclo de trabajo y aprovecha principalmente la gravedad para el transporte interno, reduciendo costos energéticos.

En términos operativos, su desempeño estimado muestra que la clasificación podría pasar de 35–45 kg/h por operario en el esquema manual tradicional a 60–70 kg/h por operario, lo que representa una mejora de entre 30% y 55%. Bajo una jornada de 8 horas con 4 operarios, la capacidad diaria podría aumentar de 1.280 kg/día a un rango de 1.920–2.240 kg/día, es decir, hasta una tonelada adicional por día con la misma dotación de personal. Su costo referencial de implementación se estimó entre COP 6,5 millones y COP 8,5 millones, dependiendo del sistema de alimentación y la configuración elegida. Por su nivel de desarrollo ingenieril y su potencial de escalamiento, el producto de I+D+i más representativo de 2025 fue precisamente esta Unidad de Clasificación, al constituirse en la principal solución técnica generada por el proyecto para intervenir una de las causas raíz de la variabilidad del material reciclado.

En paralelo, el proyecto consolidó un Informe de Inversiones que tradujo los hallazgos técnicos en necesidades financieras concretas para las 12 organizaciones acompañadas. De forma agregada, se estimaron requerimientos de inversión en un rango aproximado entre COP 1.270 millones y COP 1.510 millones, orientados principalmente a adecuaciones de infraestructura, adquisición y reposición de maquinaria, implementación de soluciones ambientales y mejoras de eficiencia energética. Los requerimientos individuales oscilaron entre COP 60 millones y COP 170 millones por organización, incluyendo intervenciones en pisos industriales, cubiertas, bandas transportadoras, molinos, líneas de secado, estanterías, motocarros, montacargas, paneles solares y plantas de tratamiento de aguas. Este resultado no solo aporta una ruta de fortalecimiento empresarial, sino que constituye un producto de planificación sectorial con alto valor para estructuración de futuras inversiones y convocatorias.

En la planeación financiera del proyecto, la mayor asignación se concentró en personal especializado, con aproximadamente COP 78,3 millones, distribuidos principalmente en la construcción de hojas de ruta, visitas técnicas, capacitaciones y reuniones de arranque; a ello se sumaron COP 21 millones para la caracterización de materias primas de siete organizaciones y COP 7,8 millones para viáticos asociados al trabajo de campo. Esta distribución evidencia que el proyecto priorizó la generación de capacidades, la asistencia técnica especializada y la validación de calidad como ejes centrales de intervención.

En conjunto, el proyecto avanzó desde una primera fase de diagnóstico y estructuración metodológica en 2023 hacia una segunda fase de fortalecimiento aplicado en 2024–2025, dejando como saldo una radiografía técnica del eslabón transformador, 12 diagnósticos, 12 hojas de ruta, 7 procesos de caracterización con fichas técnicas, 4 webinars técnicos, una solución conceptual de clasificación con mejoras de productividad entre 30 % y 55 %, y un

portafolio de inversiones superior a COP 1,27 mil millones para cerrar brechas estructurales. Más allá de sus entregables, el proyecto demostró que el fortalecimiento del material reciclado en Colombia requiere actuar simultáneamente sobre clasificación, trazabilidad, infraestructura, aseguramiento de calidad, gestión ambiental y eficiencia energética. De esta manera, PM Tec no solo acompañó organizaciones, sino que generó herramientas concretas para mejorar la competitividad, confiabilidad y capacidad de cierre de ciclo del plástico posconsumo en el país.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Productos tecnológicos certificados o validados	Documento técnico dispositivo de clasificación	Ver
Conceptos técnicos	Planos dispositivo de clasificación	Ver
Conceptos técnicos	Informe de resultados de laboratorio de 7 empresas.	Ver
Conceptos técnicos	Ficha técnica de material de 7 empresas.	Ver
Conceptos técnicos	Guía práctica de ensayos de caracterización	Ver
Divulgación pública de la CTel	Video explicativo de fichas técnicas de material	Ver
Conceptos técnicos	Hojas de ruta específica para 12 empresas.	Ver
Divulgación pública de la CTel	4 videos explicativos de las hojas de ruta	Ver
Conceptos técnicos	Informes de visita técnica a 12 empresas	Ver
Divulgación pública de la CTel	4 informes de webinar	Ver
Divulgación pública de la CTel	4 presentaciones de webinar	Ver
Conceptos técnicos	Informe de necesidades de inversión	Ver
Conceptos técnicos	Informe final compilatorio	Ver



Lavado de materiales



Alistamiento para pruebas de calidad en laboratorio



Separación de resinas por densidad y color



Almacenamiento y recepción de materias primas

Matriz de variables

Variable	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Orden en flujo de materiales y diferenciación por zonas	No se observa orden en el flujo de materiales, hay probabilidad de mezcla entre residuo beneficiado y recién ingresado	Plan existente de flujo de materiales, sin embargo existe probabilidad de contaminación cruzada	Áreas delimitadas por etapa del ciclo, separadas físicamente, se evita a toda costa contaminación cruzada
2. Limpieza	Contaminación en pisos y superficies visibles	Manejo intermedio de limpieza, se encuentran potenciales de mejora	Pisos y superficies limpias, baja probabilidad de contaminación
3. Denominación de mat. primas por estructura molecular	Denominación interna de materiales según nombres asignados por la cadena de reciclaje	Uso mixto de denominaciones de materiales	Diferenciación interna de materiales por composición (PP, PE, PET)
4. Estado de maquinaria	Maquinaria con edad mayor a 20 años, con alto grado de corrosión o sin mantenimiento frecuente	Maquinaria entre 20 y 10 años con mantenimiento adecuado	Maquinaria con edad menor a 10 años, buena limpieza y mantenimiento frecuente
5. Uso de EPPs y existencia de SGSST	No se utilizan elementos de protección personal, no se evidencia un plan estructurado de SGSST	Existe un sistema de SGSST pero no hay un cumplimiento estricto de la utilización de EPPs	Todos los operarios, colaboradores y visitantes deben utilizar EPPs en las instalaciones y existe un sistema SGSST implementado
6. Ayudas para el manejo de cargas pesadas	No hay sistemas de ayuda para manejo de cargas pesadas	Hay sistemas de ayuda para algunas cargas pesadas	Hay suficientes sistemas de ayuda que permiten movilizar cargas a lo largo de la planta
7. Disponibilidad de pruebas en laboratorios de calidad	No existe laboratorio de calidad	Existe laboratorio de calidad para pruebas aplicables internamente (no homologables con normativas)	Existe un laboratorio de calidad con pruebas relevantes y con equipos certificados recientemente
8. Calidad del material a la entrada	Se recibe cualquier tipo de material de cualquier proveedor sin restricciones	Puede existir mezcla de materiales a la entrada pero hay sistemas internos de gestión que aseguran su separación	Se establecen criterios claros para el origen del material reciclado
9. Formalización de trabajadores	La mayoría de trabajadores no se encuentran formalizados	La mayoría de trabajadores se encuentran formalizados	Todos los trabajadores son formales y hacen parte del sistema integrado de pagos a seguridad social
10. Identificación de la materia prima a la salida	Se empacan mezclas de materiales sin certeza sobre la proporción de cada uno	Identificación por tipo de material y por color o uso	Lotes identificados por tipo de material y con Ficha técnica
11. Tipo de procesos de transformación en producto final	No se realiza transformación hasta llegar a producto final	Procesos, maquinaria o herramental de fabricación artesanal, repetibilidad baja	Procesos desarrollados en equipos de alta productividad y con fabricación bajo estándares mundiales
12. Geometría representativa de material manejado	Aglutinado	Hojuelas	Pellets
13. Clasificación	No hay clasificación de materiales	Clasificación totalmente manual	Bandas transformadoras, NIR
14. Fuentes de energía	Servicio energético intermitente con fallas constantes	Buena infraestructura energética en el lugar de trabajo, transformación de voltaje se da fuera de las instalaciones y puede tener una intermitencia menor al 5%	Alta confiabilidad en el suministro eléctrico, presencia de plantas de respaldo y sistemas de transformación de voltaje dedicados
15. Tratamiento de aguas	No hay sistemas de lavado o tratamiento de agua	Cuentan con sistemas de lavado pero no con tratamiento de aguas	Tienen sistemas de lavado y planta de tratamiento de aguas residuales
16. Capacidad de autoabastecimiento financiero	Baja posibilidad de autoabastecimiento, alta o total dependencia de los márgenes de ganancia, baja capacidad de endeudamiento, considerados como 'alto riesgo financiero'	Capacidad limitada de autoabastecimiento financiero, créditos en montos bajos	Buena capacidad de financiar la operación, de obtener créditos y de realizar inversiones nuevas
17. Calidad del filtrado y eliminación de impurezas	No se eliminan impurezas durante los procesos de transformación	Filtrado mediante sistemas de cambio manual	Filtrado mediante sistemas de cambio automático y malla fina con mantenimiento frecuente

PROYECTO 10: POTENCIAL DE RECICLABILIDAD DE MATERIALES

Bajo la ejecución de ARCO M&D SAS BIC, se desarrolla el proyecto “Estudio de potenciales de reciclabilidad”, una iniciativa que inició a mediados de 2024 en el marco de Visión Circular – ANDI. Su objetivo central es actualizar e implementar la metodología del Colectivo para determinar, con mayor precisión técnica, el potencial de aprovechamiento de las distintas corrientes de materiales de envases y empaques en Colombia, generando evidencia para orientar decisiones estratégicas de ecodiseño, fortalecimiento de cadenas y priorización de inversiones.

Como resultado, el estudio evaluó 49 corrientes de materiales agrupadas en 7 familias principales —papel, cartón, plástico rígido, plástico flexible, vidrio, metal y multimateriales— e incorporó el análisis de 63 componentes de envases y empaques, bajo una metodología adaptada de AS-TRX¹ que considera 5 elementos de la cadena y 9 variables de evaluación, con calificaciones de 1 a 10 por corriente.

Durante 2024, el proyecto se concentró en la actualización metodológica, el levantamiento de información primaria y la ampliación del alcance territorial del estudio. En esta versión se definieron 8 regiones que agrupan 27 departamentos y Bogotá D.C., fortaleciendo la representatividad geográfica frente a versiones previas. La consulta logró una base de información amplia y diversa, con participación

de 34 mercados finales entrevistados en 8 departamentos, 43 transformadores en 9 departamentos, 70 gestores en 26 departamentos y 2.375 consumidores encuestados en 30 departamentos, superando ampliamente la participación de consumidores del estudio 2022, que había sido de 1.222 personas. Esta cobertura permitió construir una base técnica más sólida y proporcional, apoyada además en un proceso de normalización estadística por cuartiles, diseñado para evitar sesgos y dar mayor peso relativo a las corrientes con más información validada.

En la fase de cierre técnico ejecutada durante 2025, el proyecto consolidó las matrices de potencial de reciclabilidad y las fichas técnicas para las 49 corrientes analizadas, validándolas mediante mesas de trabajo con actores de cada eslabón de la cadena. Los resultados muestran una alta heterogeneidad entre materiales: 23 corrientes quedaron clasificadas con potencial bajo (1,0–4,9), 6 corrientes con potencial medio-bajo (5,0–5,9), 16 corrientes con potencial medio (6,0–6,9) y 4 corrientes con potencial medio-alto (7,0–7,9); en esta versión del estudio ninguna corriente alcanzó la categoría “alto” (8,0–10,0). Entre las corrientes mejor calificadas se destacan PET cristal con 7,60, cartón corrugado con 7,20, y PET ámbar y PET verde con 7,00 cada una; también sobresalen PEAD rígido, metal ferroso y PET azul, todos con valores cercanos a 6,9. En contraste, entre las corrientes con menor desempeño se ubican SAN con 1,00, biopolímeros flexibles (PHA) con 2,30, cartón laminado y PLA rígido con 2,50, y bagazo con 2,60.



TLR:
Inicial: 2 | Final: 3

Tipología:
Investigación aplicada

Objetivo general: Actualizar e implementar la metodología adaptada por Visión 3030 para la determinación del potencial de reciclabilidad de los materiales de envases y empaques de los productores que hacen parte del Colectivo con el fin de definir el potencial de aprovechamiento de dichos materiales a nivel nacional.

Objetivos específicos:

- Revisar, actualizar y validar los requerimientos y variables necesarias con el fin de readaptar la metodología para determinar el potencial de reciclabilidad para cada corriente de material establecido en el marco del Colectivo Visión Circular.
- Implementar la metodología readaptada para evaluar la reciclabilidad de cada una de las corrientes de materiales de los envases y empaques del Colectivo Visión Circular.
- Analizar los indicadores resultantes de cada corriente de material con el fin de establecer recomendaciones para aumentar o mantener el potencial de aprovechamiento de dichos materiales a nivel nacional.

¹ Por su sigla en inglés Applied Systems Thinking to Recycling <https://recyclingpartnership.org/astrx-releases-review-of-material-flow-at-mrfs-and-reprocessors/>

El análisis permitió además dimensionar el peso relativo de estas corrientes dentro de la línea base del Colectivo. Las corrientes con potencial medio-alto representan aproximadamente el 37% de la línea base 2022, agrupado en 4 corrientes de material; las de potencial medio agrupan 16 corrientes y representan otro 38% de la línea base; mientras que las corrientes de potencial medio-bajo y bajo, en conjunto 29 materiales, concentran alrededor del 24% de la línea base 2022. Estos resultados muestran que, si bien el mayor volumen del sistema se concentra en materiales con desempeño intermedio a medio-alto, sigue existiendo un grupo amplio de corrientes con barreras técnicas, operativas y de mercado que requieren intervención prioritaria.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio fue la identificación de vacíos estructurales en la cadena de aprovechamiento: en 16 de las 49 corrientes no se identificaron transformadores locales, y en 20 de las 49 corrientes no se identificaron mercados finales activos, lo que evidencia brechas críticas en la capacidad nacional de transformación y comercialización, incluso en casos donde podría existir algún nivel de aprovechamiento técnico. Estas ausencias obligaron a recurrir a información secundaria para estimar el potencial de reciclabilidad de varias corrientes, incrementando el nivel de incertidumbre técnica y confirmando la necesidad de desarrollar nuevas capacidades industriales para materiales como papel laminado, cartón laminado, bagazo, pulpa moldeada, EVA, PET clamshell, PVC rígido, Surlyn, SAN, biopolímeros flexibles y rígidos, entre otros.

A partir de estos resultados, el proyecto estructuró planes de acción diferenciados por nivel de prioridad, organizados en cinco ejes estratégicos: ecodiseño, fortalecimiento de mercados, optimización de la cadena actual, comunicación y educación, e inversión e incentivos. Para las corrientes de menor potencial, se priorizaron medidas como la sustitución de estructuras multicapa por mono-materiales, la limitación de capas barrera, la eliminación de metalizados y barnices permanentes, la implementa-

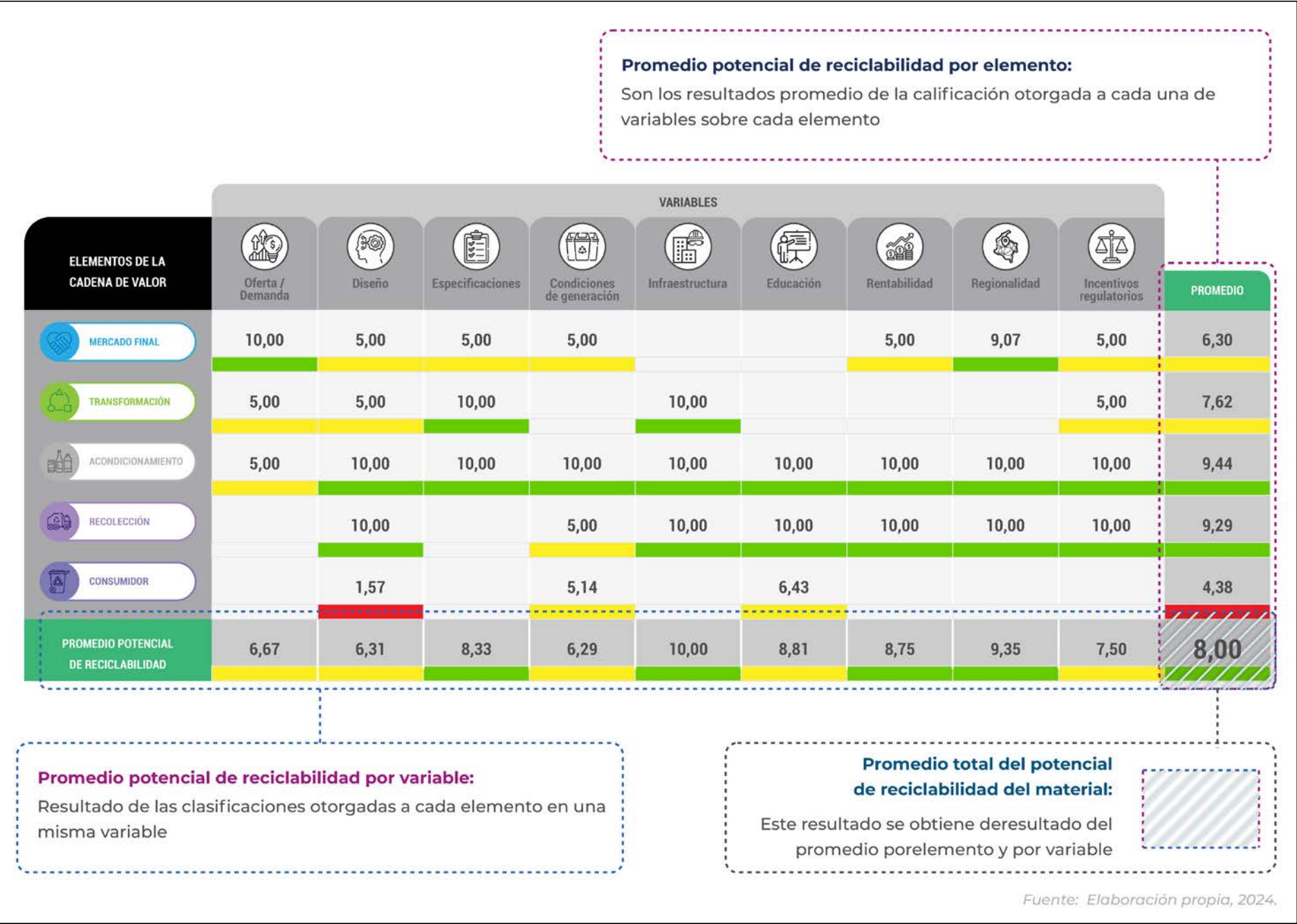
ción de tintas y adhesivos compatibles con reciclaje, y la densificación o compactación de materiales livianos. Para las corrientes con potencial medio y medio-alto, se propusieron acciones orientadas a mantener y elevar su desempeño, como la estandarización de colores y formatos, la mejora en separación de componentes, la certificación de contenido reciclado y el fortalecimiento de mercados secundarios. De esta manera, el proyecto no solo entregó la versión definitiva del informe técnico, sino también una hoja de ruta estratégica que permite al Colectivo enfocar sus esfuerzos sobre las corrientes con mayores brechas y mayor impacto potencial sobre la circularidad nacional.

En síntesis, este estudio deja como resultado una radiografía técnica nacional de 49 corrientes de materiales, basada en una muestra robusta de 147 actores de la cadena más 2.375 consumidores, identificó barreras estructurales críticas en transformación y mercados finales, y permitió establecer prioridades de intervención sobre materiales que representan prácticamente la totalidad de la línea base del Colectivo.

Además, valida una herramienta metodológica y analítica que se constituye en un activo estratégico para el seguimiento de las metas de circularidad y para la toma de decisiones del programa, con una nueva actualización prevista para 2027, año en el que se espera corroborar la evolución de las distintas cadenas de aprovechamiento de materiales en Colombia.



TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe final potenciales de reciclabilidad	Ver Informe potenciales - Versión Final.pdf



FAMILIA	CORRIENTE	POTENCIAL DE RECICLABILIDAD
PLÁSTICO RÍGIDO	PET Cristal	7,60
CARTÓN	Corrugado	7,20
PLÁSTICO RÍGIDO	PET Ámbar	7,00
PLÁSTICO RÍGIDO	PET Verde	7,00
PLÁSTICO RÍGIDO	PET Azul	6,90
PLÁSTICO RÍGIDO	PEAD (2) R	6,90
METAL	Ferroso	6,90
PLÁSTICO RÍGIDO	Polipropileno PP (5) R	6,70
VIDRIO	Cristal	6,60
PLÁSTICO RÍGIDO	PEBD (4) R	6,40
METAL	No Ferroso	6,40
PAPEL	Papel	6,40
CARTÓN	Cartón para bebidas (Multimaterial)	6,40
PLÁSTICO RÍGIDO	PET Impreso (IMIL)	6,30
CARTÓN	Plegadiza	6,30

PROYECTO 11: FORTALECIMIENTO A EMPRESAS PRODUCTORAS

El proyecto “Fortalecimiento a empresas productoras” corresponde a una asistencia técnica sectorial liderada por PM Tec Engineering S.A.S. (C-Pack) en el marco del programa ProUSAR de la cooperación alemana (GIZ). Iniciado en 2025, su propósito fue acompañar a empresas en la implementación de medidas de ecodiseño y circularidad en envases y empaques, con énfasis en la reducción de calibres y espesores, la incorporación de material reciclado posconsumo o posindustrial y la migración hacia estructuras monomateriales de mayor reciclabilidad.

El proceso comenzó con un webinar sectorial de apertura y continuó con reuniones de inicio para definir expectativas, alcances y criterios de participación. En total, 31 empresas iniciaron el proceso, de las cuales 15 fueron seleccionadas para la asistencia y 12 culminaron efectivamente la implementación de innovaciones, impactando sectores como alimentos, bebidas, aseo, cuidado personal y construcción.

Durante aproximadamente cuatro meses de acompañamiento técnico especializado, el proyecto trabajó sobre 15 empaques y logró implementar 6 medidas de innovación agrupadas en dos grandes frentes: ecodiseño para redu-



TLR:
Inicial: 3 | Final: 4



Tipología:
Desarrollo experimental

Aliados Estratégicos: GIZ

Objetivo general: Brindar asistencia técnica a diferentes organizaciones para implementar principios de ecodiseño e innovación en el envase o empaque de al menos uno de sus productos, asegurando que los productos resultantes lleguen a prueba en góndola

cir y ecodiseño para recuperar. La asistencia desarrolló 50 pruebas de laboratorio y, con base en el consumo reportado para 2024, proyectó una evitación de 1665 toneladas de materias primas vírgenes al año y una reducción de 1.651.454 kg de CO₂ anuales. Estas estimaciones se construyeron sobre ejercicios de validación en góndola y rangos pareto de consumo de 30 días, con una base total de referencia de 460.584 unidades de envases y empaques. La financiación del proceso fue mayoritariamente privada (81%), con un complemento público (19%).

En la primera medida, enfocada en la eliminación de material en envases plásticos, se optimizaron dos empaques: un empaque flexible primario de PEAD para presentación de 500 g y un empaque de cartón con ventana plástica para panadería. En el primer caso, el peso del empaque pasó de 3,59 g a 3,46 g, equivalente a una reducción del 3% en el uso de materia prima sin comprometer resistencia a la tensión, rasgado e impacto. En el segundo, se redujo en 60% el uso de materia prima plástica de la ventana, manteniendo transparencia y protección del producto. Esta medida implicó 6 pruebas de laboratorio, una inversión de COP 29.915.180, y un potencial de evitar 2.298 kg de materias primas vírgenes al año y 47.989 kg de CO₂.

La segunda medida, orientada a la inclusión de material reciclado en envases PET, logró validar cuatro soluciones: una botella de agua con 65% de rPET en presentaciones de 600 mL y 1,5 L, una botella de agua con 50% de rPET en presentaciones de 500 mL y 5 L, una botella de agua con 30% de rPET y una botella para lavalozza líquido con 50% de rPET en 500 mL. Estas soluciones se implementaron sin comprometer hermeticidad, compresión, resistencia química, impacto ni calidad sensorial. La medida demandó 8 pruebas de laboratorio, movilizó COP 55.386.664 y representó el mayor impacto del proyecto, con una proyección de 762.842 kg de materias primas vírgenes evitadas al año y 1.373.118 kg de CO₂ evitados.

La tercera medida se enfocó en la incorporación de material reciclado en empaques plásticos flexibles, con resultados en cinco empaques: un empaque secundario para six-pack lácteo con 30% de PCR, un saco flexible de 20 kg con 20% de PIR, un termoencogible con incremento de 20% a 50% de PCR, un saco valvulado para 30 kg de cemento cerámico con formulaciones de 25% y 75% de PCR, y un empaque primario para frutas congeladas con 10% de PIR. Los ensayos confirmaron desempeño mecánico, inocuidad y velocidad en máquina. Esta

línea concentró 30 pruebas de laboratorio, una inversión de COP 93.464.999 y un impacto estimado de 108.128 kg de materias primas vírgenes evitadas al año y 163.419 kg de CO₂ evitados.

La cuarta medida abordó la incorporación de material reciclado en envases rígidos distintos de PET, validando un envase primario rígido de PEAD para presentación de 1 L de aceites esenciales y agroquímicos, que pasó de 0% a 40% de PCR sin comprometer migración global, compresión, resistencia al impacto ni resistencia química. Esta intervención requirió 3 pruebas de laboratorio, una inversión de COP 7.992.759, y proyectó una reducción de 27.904 kg de materias primas vírgenes al año y 36.275 kg de CO₂.

En el frente de ecodiseño para recuperar, la quinta medida se centró en la reciclabilidad de envases y permitió preservar el valor de las corrientes posconsumo al eliminar barreras de separación y transformación. Entre los cambios validados estuvieron la sustitución de serigrafía directa por etiquetas en botellas de PET de 500 mL, la despigmentación de tapas de PP y la eliminación de etiquetas de papel de difícil remoción en botellas de la- valoza de 500 mL. Esta medida movilizó COP 39.331.761 y proyectó la preservación de 762.451 kg de materias pri- mas vírgenes al año, al mejorar la calidad de la corriente reciclable y su valorización en la cadena.

La sexta medida se enfocó en la migración de estructu- ras plásticas flexibles hacia soluciones monomateriales, específicamente en un empaque primario de 500 g que pasó de una estructura bicapa de PE y PP a una estructu- ra bicapa compuesta únicamente por PE. Esta innovación mantuvo la resistencia a la tensión, rasgado e impacto, y logró un aumento del 45% en el potencial de reciclabili-

dad del empaque, medido con la metodología CajaLab. La validación incluyó 3 pruebas de laboratorio, una inver- sión de COP 9.700.000, y una proyección de 1.437 kg de materias primas vírgenes preservadas al año y 30.653 kg de CO₂ evitados.

En conjunto, el proyecto dejó no solo reportes individua- les por empresa y un informe consolidado, sino una evi- dencia cuantitativa sólida de que la innovación circular en envases y empaques puede traducirse en reducciones materiales medibles, mejoras técnicas verificadas y bene- ficios ambientales significativos.

Los resultados muestran que, cuando se articulan laboratorio, proveedores, transformadores y áreas internas de las empresas, es posible llevar soluciones de ecodiseño desde el diagnóstico hasta validaciones con potencial real de llegada a mercado y escalamiento industrial.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Consolidado fichas técnicas CajaLab	Ver
Conceptos técnicos	Informes de empresas productoras	Ver
Conceptos técnicos	Informes de ensayos de laboratorio de empresas productoras	Ver
Conceptos técnicos	Documento de huella de carbono	Ver
Conceptos técnicos	Reporte consolidado Asistencia técnica	Ver
Conceptos técnicos	Fichas de comunicación Asistencia técnica	Ver
Desarrollo de sistemas, procesos y procedimientos basados en innovaciones radicales o incrementales	Recomendaciones documentales para la adquisición de envases de rPET para bebidas	Ver

Medida de innovación #1 - Indicadores

ECODISEÑO PARA REDUCIR
Eliminación de material en EyE plásticos

En el ejercicio
de prueba en
góndola

62

Kg de materias primas
vírgenes evitadas*

*461,016 unidades en un rango paralelo de 30 días

6

Pruebas de
laboratorio
realizadas

COP\$29.915.180
Aportes para la innovación

78% privado

22% público

En un año serían

2.298

Kilos de materias primas
vírgenes evitadas **

**Tomando como referencia el consumo del 2024.

47.989

Kg de CO₂ evitados***

***La huella de carbono se calculó con base en los lineamientos de la norma ISO 14067 y una metodología propia desarrollada para este análisis con base a las unidades de EyE puestos en el 2024.

Pruebas de laboratorio - Contexto



- Muestra evaluada: Empaques plásticos con las siguientes composiciones

Muestra	A	B	C	D	E	F
Virgen	100%	100% (Reforzado)	70%	100%	70%	80%
PCR	0%	0%	30%	0%	30%	0%
PIR	0%	0%	0%	0%	0%	20%
Proveedor	Darplas	Darplas	Darplas	Plaspel	Plaspel	Eplas

- Pruebas realizadas: Las pruebas se enfocaron en resistencia a la tensión (ASTM D882-18), resistencia al desgarre (ASTM D1004-21), resistencia al impacto (ASTM D1709-22) y resistencia de sellado para empaques flexibles (ASTM F88/F88M-21) en condiciones controladas.
- Objetivo: Evaluar las propiedades mecánicas de películas con diferentes proporciones de resina reciclada posconsumo (PCR) y resina reciclada postindustrial (PIR) fabricadas mediante extrusión.

Omnilife

OMNILIFE
GENTE QUE CUIDA A LA GENTE

Resultados de las pruebas de laboratorio

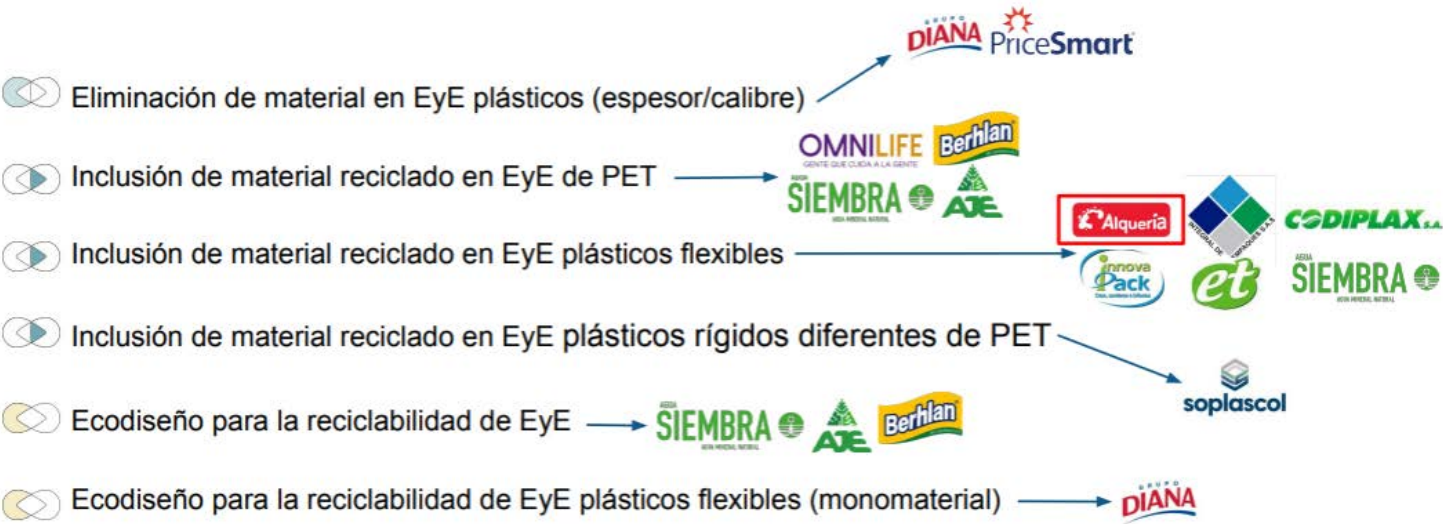
Compresión en los envases

	600 ml	1.5 L
Resistencia de compresión máxima promedio (N)	158	176
Límite de proporcionalidad* promedio (N)	133	132
Cantidad de envases x caja (und)	24	12
Peso x caja (kg)	15,5	19,4
Número de capas de apilamiento (calculado)	8	4

Resistencia al choque

	600 ml	1.5 L
Altura del ensayo	0.8 m	
Posición de caída	Lateral y fondo	
Falla	No se presentaron	
Foto antes del ensayo		
Foto después del ensayo		

Panorama general de la asistencia técnica



PROYECTO 12: DESARROLLO DE PRODUCTOS A PARTIR DE RESIDUOS POSCONSUMO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO Y ESPUMADO

Bajo la ejecución de la Universidad del Norte y con el respaldo técnico de Darnel, se desarrolla el proyecto “EPS Circular”, una iniciativa que inició a finales de 2025 con el propósito de suprarreciclar poliestireno expandido y espumado posconsumo para transformarlo en materiales compuestos y productos de mayor valor agregado. La propuesta se estructura como una ruta integral de investigación aplicada, desarrollo tecnológico y validación de mercado, orientada a convertir un residuo de baja valorización y alta complejidad logística en una nueva base material para aplicaciones en construcción, mobiliario urbano, agricultura y aislamiento. Desde su formulación, el proyecto se organizó en tres grandes frentes: desarrollo de materiales, validación de prototipos y estructuración del escalamiento logístico, industrial y comercial.

En su fase de arranque, correspondiente a 2025, el proyecto se concentra en la construcción de la base técnico-científica que soportará todo el desarrollo posterior. En esta etapa se plantea una revisión sistemática de literatura, patentes y referentes tecnológicos, junto con la formulación del diseño experimental para mezclas EPS-cemento, la definición de variables críticas como densidad,

granulometría, modos de incorporación y compatibilizantes, y la estructuración de protocolos de fabricación y trazabilidad. En esta primera fase, el producto de I+D+i más representativo es el artículo científico del estado del arte y vacíos tecnológicos, acompañado por el paquete de formulaciones experimentales y diseño de mezclas, porque allí se consolida la base conceptual y metodológica que permite pasar de la prueba de concepto a una experimentación estructurada.

La ruta técnica parte de un TRL 3 y plantea avanzar hacia una validación superior en condiciones más cercanas al uso real, con una meta de maduración que apunta a TRL 7 y una aspiración de acercamiento a TRL 8 dependiendo del resultado de la validación de productos y pilotos.

Durante 2026, el proyecto entra en su fase central de desarrollo experimental. Aquí se proyecta la fabricación y caracterización de 3 lotes de especímenes con EPS suprarreciclado, la ejecución de ensayos mecánicos, térmicos, acústicos y de durabilidad, y la aplicación de herramientas de optimización multiobjetivo para identificar las formulaciones con mejor equilibrio entre resistencia, ligereza, aislamiento y costo.



TLR:
Inicial: 3 | Final: 7

Tipología:
Desarrollo Tecnológico

Aliados Estratégicos: Darnel

Objetivo general: Desarrollar, validar y evaluar la viabilidad de materiales compuestos y productos innovadores que incorporen poliestireno expandido y espumado posconsumo suprarreciclado, mediante formulaciones experimentales, diseño y prueba de prototipos, y análisis logístico, económico e industrial, con el fin de promover su integración en el mercado colombiano bajo principios de economía circular.

Objetivos específicos:

- Diseñar y fabricar prototipos de materiales compuestos con contenido de poliestireno expandido y espumado suprarreciclado, mediante formulaciones experimentales y técnicas de optimización multiobjetivo, con el fin de obtener configuraciones técnicamente viables
- Validar el desempeño mecánico, térmico y de durabilidad de los prototipos de productos desarrollados, a través de ensayos normalizados en laboratorio y análisis comparativos con los requerimientos de uso, con el fin de evaluar su aplicabilidad y funcionalidad en contextos reales.
- Evaluar la viabilidad de escalamiento de los productos obtenidos, mediante análisis de ciclo de vida preliminar, estimaciones de costos logísticos y diseño de un plan de implementación industrial, para asegurar su integración efectiva en el mercado bajo principios de economía circular.

Como indicadores de I+D+i de esta fase, el proyecto plantea al menos 180 especímenes caracterizados, 7 pruebas técnicas de validación, 7 parámetros analizados, 5 fichas técnicas de producto y una eficiencia del proceso de recuperación superior al 90% del material recolectado. En esta etapa, el producto de I+D+i más representativo es el conjunto de formulaciones óptimas validadas con sus especímenes caracterizados, porque allí el proyecto deja de ser solo una revisión conceptual y se convierte en una plataforma experimental con resultados medibles y comparables.

La fase de 2027 proyecta el paso desde el desarrollo de materiales hacia la validación de soluciones aplicadas. En este tramo se contempla la selección multicriterio de productos promisorios, el modelado CAD, la fabricación de moldes y herramientas, la elaboración de prototipos funcionales y la evaluación integrada de su desempeño mecánico, térmico, acústico y ambiental.

Como resultado tangible, el proyecto estructura formalmente 3 prototipos funcionales priorizados, aunque a nivel de indicadores se propone alcanzar al menos 5 prototipos funcionales en el conjunto del proceso de validación. También se prevé producir un reporte técnico de validación integrada, un análisis de ciclo de vida y circularidad, un artículo científico con resultados experimentales, un diagnóstico de cadena de suministro y piloto de recolección, y 1 modelo de negocio circular para los productos desarrollados. En esta fase final, el producto de I+D+i más representativo es el prototipo funcional validado integralmente, porque condensa la evidencia técnica, ambiental y de aplicabilidad en contextos reales y se convierte en la base para la escalabilidad futura.

Los indicadores productivos proyectados muestran una meta clara de aprovechamiento y escalamiento. El proyecto prevé reincorporar 120 kg de EPS posconsumo en formulaciones y prototipos, alcanzar una eficiencia de recuperación superior al 90% del residuo colectado, in-

volucrar 4 empresas participantes y desarrollar un piloto de abastecimiento y recolección que permita entender tiempos, calidad del material, rechazos y costos logísticos. En paralelo, los indicadores de I+D+i incluyen 2 publicaciones técnicas, 2 alianzas con instituciones del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación, 1 producto protegible por propiedad industrial, 1 participación en evento científico o técnico, 2 informes técnicos de avance y 1 informe técnico compilatorio final. A nivel ambiental, la meta considera una reducción del orden de 25% de CO₂ equivalente por unidad de masa frente a alternativas convencionales, como parte de la validación de circularidad y desempeño ambiental de los nuevos productos.

El componente de escalamiento también constituye una parte clave de la historia del proyecto. La propuesta no se limita a fabricar materiales y prototipos en laboratorio, sino que incluye el diseño de un piloto de recolección con recicladores, el análisis de costos fijos y variables del abastecimiento, la modelación de escenarios logísticos en Bogotá y una segunda ciudad del Caribe, el estudio de mercado para identificar requisitos técnicos de clientes potenciales y, finalmente, la construcción de un plan de implementación industrial con layout preliminar, estimaciones CAPEX y OPEX, aseguramiento de calidad, precio objetivo, punto de equilibrio y cronograma de escalamiento.

Por esa razón, el proyecto no solo persigue validar desempeño técnico, sino dejar estructurada una ruta de entrada al mercado basada en evidencia logística, económica y comercial.



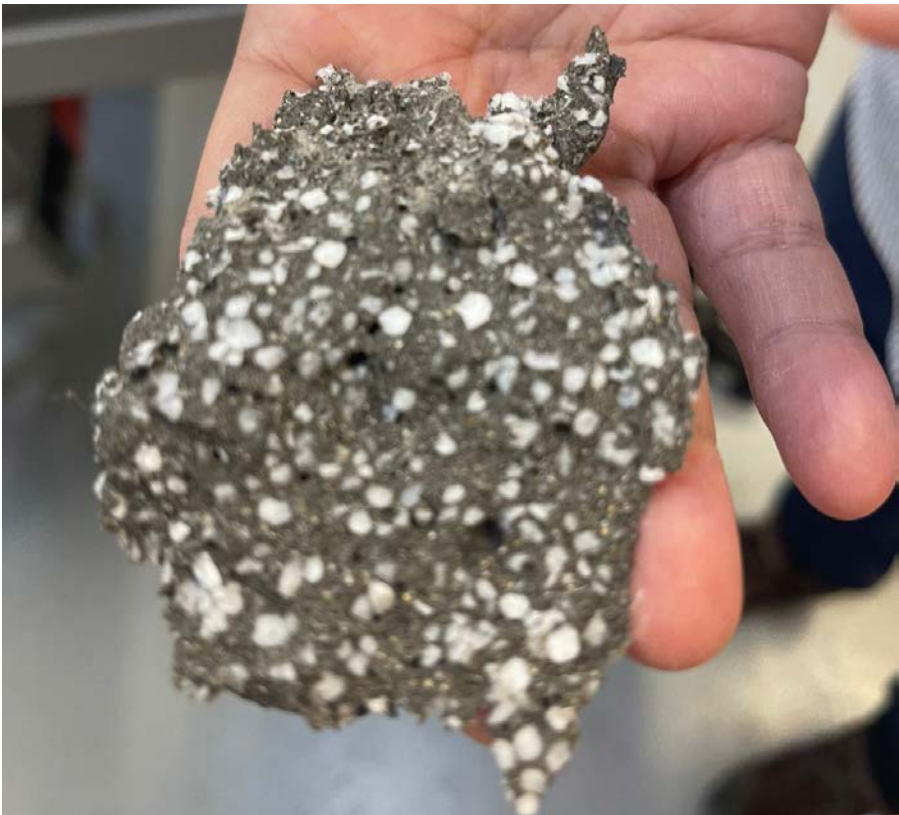
En términos financieros, la mayor concentración de recursos se dirige a personal especializado, con \$197.724.000, y a personal de apoyo, con \$120.000.000, lo que muestra que la apuesta principal está en la capacidad científica, técnica y operativa requerida para ejecutar ensayos, análisis y validaciones. A ello se suman \$103.070.000 en servicios técnicos o tecnológicos, \$38.200.000 en activos productivos o equipos, \$37.500.000 en desarrollo y licencias de software, \$11.000.000 en arrendamiento de equipos de I+D, \$9.980.000 en insumos y materiales de I+D, \$3.700.000 en divulgación y \$1.800.000 en viajes o salidas técnicas.

La destinación de esos recursos se traduce en actividades muy concretas del proyecto. En capacidades de proceso, se contempla el arrendamiento de una trituradora y una compactadora para EPS posconsumo, necesarias para homogenización y compactación del material recolectado. En equipamiento, se prevé adquirir una cámara termográfica, un medidor de humedad, un pirómetro, una celda RCPT para ensayos de durabilidad y una tablet digitalizadora para captura y análisis de datos. En insumos, la financiación cubre cemento, arena, superplastificante, formaletas metálicas y cenizas para el desarrollo de mezclas y especímenes. En servicios técnicos, se con-

centran actividades críticas como el levantamiento de información logística de recolección, ensayos de compresión, módulo de elasticidad, flamabilidad, conductividad térmica, absorción acústica, corrosión, análisis mineralógicos y de microestructura, además de la fabricación de moldes para prototipos y una consultoría técnico-económica de escalabilidad. En software, el proyecto incluye licencias para SimaPro, SolidWorks y herramientas de análisis multiescenario, fundamentales para Análisis de Ciclo de Vida, modelado geométrico y análisis de alternativas.

En conjunto, EPS Circular proyecta una trayectoria de maduración clara entre 2025 y 2027. La primera fase construye la base científica y experimental; la segunda convierte esa base en formulaciones optimizadas y evidencia de desempeño; y la tercera integra prototipos funcionales, validación ambiental, estudio logístico y modelo de negocio. Así, el proyecto no se limita a estudiar el EPS como un residuo problemático, sino que busca demostrar que puede convertirse en una plataforma material para nuevos productos de alto valor agregado, con evidencia técnica, ambiental y económica suficiente para abrir una nueva cadena de valorización en Colombia.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver



PROYECTO 13: CIERRE DEL CICLO DEL PEAD MULTICOLOR MEDIANTE SORTER ÓPTICO DE HOJUELA

Bajo la ejecución de Biocírculo 2 S.A.S., el proyecto “Cerrando el ciclo envase a envase del PEAD¹ multicolor” inició a finales de 2025 con el propósito de aumentar el aprovechamiento del polietileno de alta densidad posconsumo de colores distintos al blanco o natural, incorporando tecnología de separación óptica de hojuela para obtener corrientes cromáticas más homogéneas y de mayor valor comercial. La iniciativa parte de una barrera concreta del mercado: una proporción cercana al 40 % del PEAD que ingresa a la operación corresponde a material multicolor, el cual hoy suele desviarse a aplicaciones de menor valor por sus variaciones de color. A esto se suma que, aunque la planta cuenta con una capacidad instalada del orden de 1.000 toneladas mensuales, solo una fracción reducida se aprovecha plenamente por la baja demanda del material multicolor mezclado. Frente a ello, el proyecto se plantea como una ruta de maduración tecnológica desde TRL 5 hasta TRL 8, orientada a demostrar que la separación por colores específicos puede convertir ese flujo en una resina reciclada apta para nuevos envases rígidos y, con ello, fortalecer el cierre de ciclo envase a envase en Colombia.

En su fase inicial de 2025, el proyecto se concentra en la estructuración técnica y financiera de la solución. Esta

etapa contempla la evaluación de mínimo tres proveedores internacionales de tecnología de clasificación óptica, la comparación de sus ofertas mediante criterios técnicos, comerciales y logísticos, y la selección del equipo que mejor se adapte a las características de la hojuela, a los rangos cromáticos requeridos y a las condiciones de la planta. En esta primera fase, el producto de I+D+i más representativo es el concepto técnico de evaluación de proveedores, porque convierte una necesidad industrial en una decisión tecnológica fundamentada, con matriz de ponderación, análisis de desempeño esperado y validación integral de la alternativa seleccionada. En términos narrativos, 2025 no solo representa la compra de una máquina, sino la definición de la arquitectura tecnológica del proyecto y del modelo de separación que hará viable el nuevo material.

Durante 2026, el proyecto entra en su fase de implementación y desarrollo tecnológico. En este tramo se prevé el acondicionamiento de la planta, la compra e instalación de periféricos, el montaje del sorter, la integración mecánica, eléctrica y neumática del sistema y el entrenamiento del modelo de separación hasta alcanzar niveles de precisión superiores al 90 %. En esta etapa, el producto de I+D+i más representativo será el prototipo industrial del diseño de proceso, complementado por el modelo operativo de separación, porque allí la tecnología deja de ser una decisión de compra y pasa a convertirse en un siste-

BIO CIRCULO



TLR:

Inicial: 5 | Final: 8

Tipología:
Innovación

Objetivo general: Aumentar el potencial de cierre de ciclo de PEAD posconsumo multicolor con la puesta en marcha de un sorter óptico de hojuela de PEAD que separa colores seleccionados de la línea de entrada y realizando pruebas con clientes interesados en estos colores, permitiendo contar con maquinaria que facilite el uso de materia prima reciclada y que favorezca a la valorización de la cadena

Objetivos específicos:

- Identificar y evaluar mínimo 3 proveedores de un sorter óptico de hojuelas de PEAD, seleccionando la compañía que más se alinee al proyecto de acuerdo con las especificaciones de la hojuela (granulometría, densidad al empaque, colores y otros polímeros), forma de pago (coherente con los pagos de la convocatoria y el flujo de caja de la compañía), tiempos de entrega, garantía y soporte brindados.
- Desarrollar la puesta en marcha del equipo, el entrenamiento del sistema y la optimización, partiendo del plano de la nueva maquinaria y los espacios disponibles en planta, basándose en la eficacia de los procesos y la calidad del producto terminado.
- Validar la calidad y viabilidad comercial del PEAD separado por colores específicos mediante pruebas piloto con al menos tres empresas fabricantes de envases, evaluando el comportamiento del material reciclado y documentando los resultados en un periodo de seis meses posteriores a la puesta en marcha.

¹ Polietileno de alta densidad

ma productivo adaptado a las condiciones reales de Biocírculo. Los indicadores proyectados para esta fase muestran un salto importante en desempeño: la separación por color pasaría de trabajar con 2 colores de referencia a 4 colores específicos, la precisión del modelo tendría una meta de 80% con proyección de llegar a 95%, y la eficiencia operativa del sorter se estima en 800 kg/h, con proyección de alcanzar 1.200 kg/h a medida que se optimice el aprendizaje de la tecnología. También se proyecta un incremento de capacidad productiva del orden de 665.000 kg por año, equivalente a una operación superior a 50 toneladas por mes una vez estabilizado el sistema.

La fase final de 2027 se orienta a la validación técnica y comercial del material separado. Para ello, el proyecto contempla convocar empresas fabricantes interesadas, seleccionar al menos dos para pruebas piloto y entregarles material peletizado en colores específicos —como azul, verde, morado o amarillo— para evaluar su comportamiento en procesos reales de fabricación de envases.

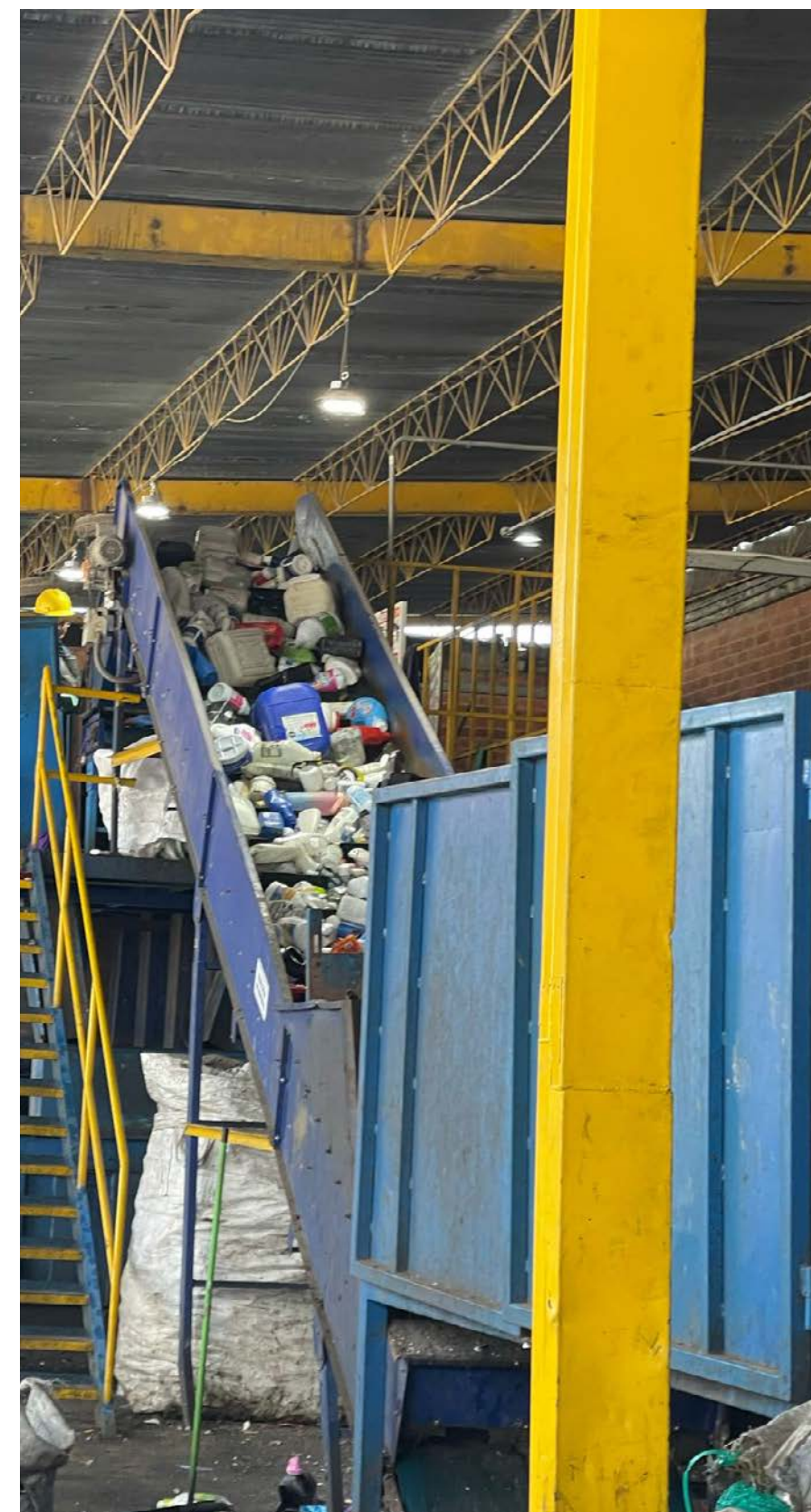
En 2027, el producto de I+D+i más representativo será el producto mínimo viable de pellet de colores específicos, porque es el punto en que la separación deja de ser solo una mejora interna del reciclaje y se convierte en una nueva materia prima validable por el mercado. Como metas productivas, el proyecto plantea producir 7.000 kg de material durante el piloto, con una proyección de hasta 7.500 kg al optimizar el rendimiento del equipo; adicionalmente, fija como entregable mínimo 4.000 kg de pellet de colores específicos ya consolidados como producto viable para pruebas industriales. En paralelo, se proyecta realizar 2 pruebas con fabricantes, con posibilidad de crecer a 4 dependiendo de la respuesta del mercado, y movilizar una convocatoria que atraiga 8 empresas interesadas, con una proyección de hasta 14 en escenarios de mayor tracción sectorial.

Los indicadores de impacto proyectados muestran que el proyecto no solo busca separar material, sino cambiar la

economía del PEAD multicolor. El interés de uso por parte de fabricantes parte de una línea base cercana al 25% y se plantea llegar a 60%, con una proyección de 80%. De igual manera, la proporción de PEAD comercializado por Biocírculo que logra cerrar ciclo envase a envase parte de alrededor de 32% y se proyecta llevarla a 55%, con un escenario potencial de 70% si el mercado adopta los nuevos pellets coloreados. A ello se suma una meta financiera relevante: reducir el costo relativo de separación por color a menos de 80% del costo del proceso manual actual, con posibilidad de acercarse a 70% en un escenario optimista. En términos ambientales, se estima una reducción de aproximadamente 470.340 kg de CO₂ asociada al mayor uso de PEAD reciclado de mayor valor y a la sustitución de resina virgen en nuevas aplicaciones.

En materia de resultados de I+D+i, se proyecta dejar un conjunto concreto de productos verificables: 1 concepto técnico de selección de proveedores, 1 prototipo industrial del diseño de proceso, 1 modelo operativo de separación, 1 producto mínimo viable en pellet de colores específicos, 1 informe técnico de efectividad de color, 1 piloto de proceso, 3 documentos técnicos principales, 7 producciones técnicas y 1 proceso de apropiación social del conocimiento mediante divulgación tecnológica. En términos productivos, ello se complementa con 4 prototipos o configuraciones de salida proyectadas, 2 piezas audiovisuales, 1 informe final compilatorio y la consolidación de una nueva línea de material reciclado especializado para cierre de ciclo.

Desde el punto de vista financiero, la mayor destinación de recursos se concentra en activos productivos y equipos, con alrededor de \$545 millones, seguida por personal especializado con \$182,7 millones, servicios técnicos o tecnológicos con \$82 millones, insumos y materiales de I+D con \$20 millones, viajes o salidas técnicas con \$21 millones, desarrollo y licencias de software con \$10 millones, divulgación con \$9,5 millones y personal de apoyo con



\$18,3 millones. Esa estructura muestra que el esfuerzo financiero se orienta principalmente a la infraestructura de separación, la ingeniería de implementación y la validación operativa, más que a actividades accesorias.

Ese presupuesto se traduce en inversiones muy concretas. Entre los activos principales se incluye un sorter óptico de hojuelas de PEAD valorado en cerca de \$195 millones, un compresor de aire de aproximadamente \$255 millones, equipos periféricos de transporte por cerca de \$90 millones y un computador para control y diseño del proceso. En servicios técnicos se contemplan la adecuación estructural del sorter, la acometida eléctrica, la acometida neumática y la instalación y puesta en marcha del sistema, por un total de \$82 millones. En insumos se prevé la compra de 10.000 kg de botella posconsumo multicolor de PEAD, equivalentes a \$20 millones, como base para validación, entrenamiento y corridas piloto. También se incorporan recursos para una licencia de software de diseño industrial, actividades de divulgación especializada y una salida técnica internacional para soporte experto en montaje y optimización de la tecnología.

En conjunto, el proyecto muestra una trayectoria clara de maduración entre 2025 y 2027. En 2025 se define la solución tecnológica y se toma la decisión estratégica de implementación; en 2026 se instala, integra y entrena el sistema hasta convertirlo en una capacidad industrial operativa; y en 2027 se valida comercialmente el pellet separado por color como materia prima de mayor valor para nuevos envases. Así, el principal aporte de Biocírculo no radica solo en comprar un equipo, sino en demostrar que el PEAD multicolor, históricamente relegado a mercados de bajo valor, puede reingresar a cadenas de mayor exigencia técnica mediante separación óptica, trazabilidad cromática y validación con fabricantes, fortaleciendo de manera concreta el cierre de ciclo envase a envase en Colombia.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver



PROYECTO 14: ACV COMPARATIVO DEL PROGRAMA VISIÓN CIRCULAR DE LA ANDI

Liderado por la firma Casostenible S.A.S., el proyecto “Análisis de Ciclo de Vida (ACV) comparativo para el programa Visión Circular de la ANDI” inició en 2025 con el objetivo de cuantificar, con rigor científico, los impactos y beneficios ambientales asociados a la gestión de residuos de envases y empaques del programa. El estudio se desarrolló bajo los lineamientos de las normas ISO 14040 e ISO 14044, utilizando como unidad funcional una (1) tonelada métrica de envases y empaques pos-consumo, y comparando tres escenarios: disposición en relleno sanitario, gestión circular con aprovechamiento y transformación, e impactos evitados por sustitución de materias primas vírgenes.

El análisis abarcó siete familias de materiales —papel, cartón, vidrio, metales, multimateriales, plásticos rígidos y plásticos flexibles— y fue modelado con SimaPro 9.6 y la base de datos Ecoinvent 3.10, con soporte en información operativa primaria. Para garantizar representatividad, se trabajó con una muestra estadística de 25 gestores y 17 transformadores, que representan más del 70% del volumen gestionado en 2024. En ese año, el sistema Visión Circular articuló 149 empresas gestoras y de clasificación y 52 empresas transformadoras, recuperando más de 56.000 toneladas de residuos de envases y empaques en 29 departamentos y 245 municipios del país.

Los resultados del ACV muestran que el sistema de gestión circular de Visión Circular genera beneficios ambientales netos en todas las categorías evaluadas, con reducciones superiores al 10% en indicadores clave como huella de carbono, demanda energética y uso de recursos. De manera agregada, el artículo concluye que las reducciones de huella de carbono van desde aproximadamente 35% en vidrio hasta más del 90% en plásticos rígidos, y que las emisiones evitadas superan los $2,5 \times 10^3$ kg CO₂-eq por tonelada en corrientes de alta intensidad ambiental. Asimismo, los ahorros de energía son particularmente relevantes en plásticos y multimateriales, donde la demanda energética evitada supera los $4,0 \times 10^4$ MJ por tonelada cuando se desplaza producción con materia prima virgen. A nivel de corrientes específicas, la gestión circular evitó aproximadamente 95% de las emisiones frente al escenario lineal en plásticos rígidos, 87% en plásticos flexibles, 84% en metales y 84% en multimateriales; en materiales fibrosos, los beneficios también fueron relevantes, con reducciones cercanas a 69% en cartón y 50% en papel.



TLR:
Inicial: 4 | Final: 6

Tipología:
Desarrollo experimental

Objetivo general: Evaluar, a través de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), los impactos y beneficios ambientales de la gestión actual realizada por el colectivo Visión Circular, en conjunto con gestores y transformadores de materiales en Colombia, comparando tres escenarios: la producción de materiales de empaque a partir de resinas primarias, la gestión de residuos mediante reciclaje mecánico y la disposición final en rellenos sanitarios.

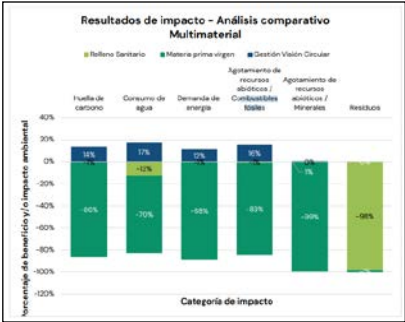
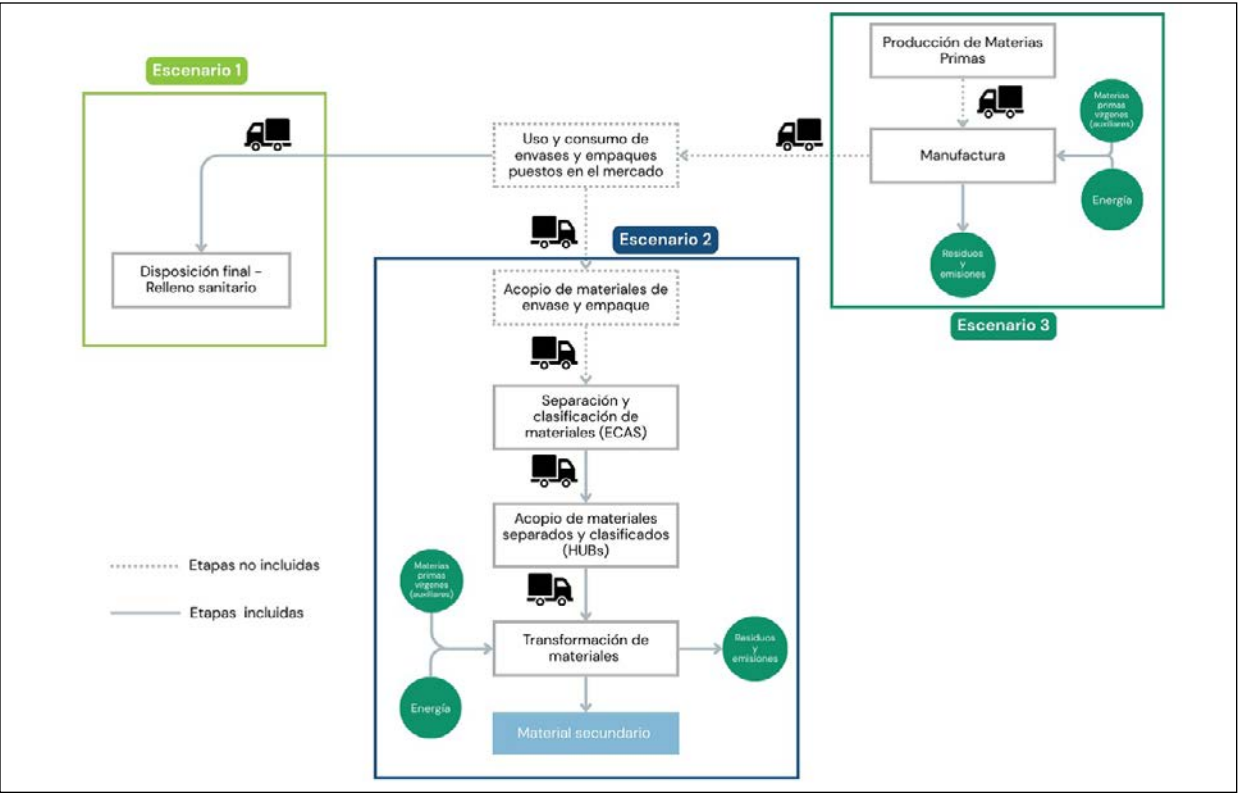
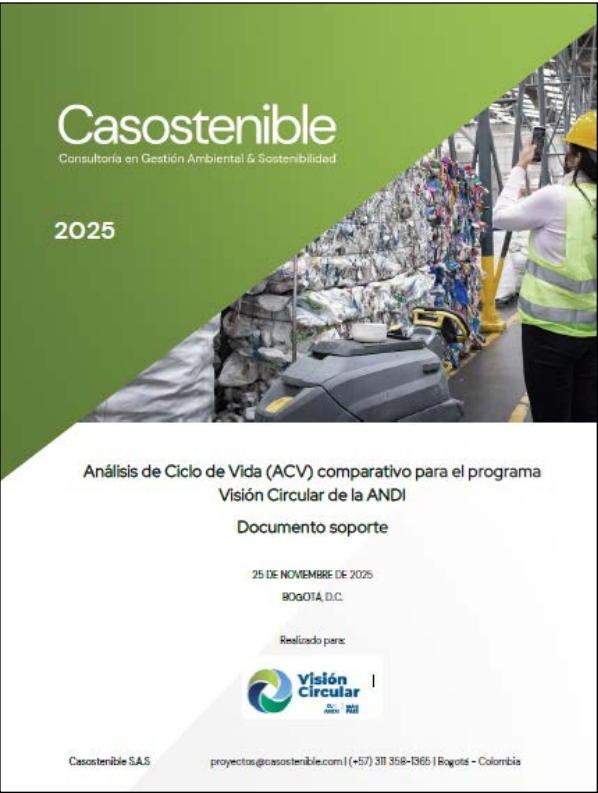
Objetivos específicos:

- Evaluar tres escenarios comparativos a través de ACV: producción de materiales a partir de resinas y materiales primarios, disposición final en rellenos sanitarios y logística de recolección, transporte y transformación de residuos mediante reciclaje mecánico.
- Analizar los impactos ambientales asociados a cada escenario, considerando categorías de impacto como huella de carbono, consumo de energía, agotamiento de recursos abióticos minerales y metales.
- Cuantificar los impactos y beneficios ambientales potenciales de la gestión actual del colectivo.
- Identificar las etapas críticas dentro del ciclo de vida de los materiales de empaque en cada escenario, proponiendo posibles mejoras para optimizar los procesos de recolección, transporte, transformación y reciclaje.

En términos absolutos, los resultados por tonelada evidencian beneficios significativos del modelo circular: en plásticos rígidos, el balance neto alcanzó alrededor de $-3,05 \times 10^3$ kg CO₂-eq y $-7,01 \times 10^4$ MJ en agotamiento de recursos fósiles; en plásticos flexibles, cerca de $-2,42 \times 10^3$ kg CO₂-eq y $-7,49 \times 10^4$ MJ de demanda energética; en metales, aproximadamente $-2,61 \times 10^3$ kg CO₂-eq y $-2,81 \times 10^4$ MJ; y en multimateriales, alrededor de $-1,64 \times 10^3$ kg CO₂-eq y $-4,03 \times 10^4$ MJ. En materiales fibrosos, el balance neto fue de aproximadamente $-1,34 \times 10^3$ kg CO₂-eq para cartón y $-1,03 \times 10^3$ kg CO₂-eq para papel, mientras que en vidrio se obtuvo un beneficio neto de alrededor de $-3,91 \times 10^2$ kg CO₂-eq por tonelada. Estos resultados fueron, además, respaldados por un análisis de sensibilidad que mostró una variación máxima de 9,96%, confirmando la robustez metodológica del estudio y la consistencia de sus conclusiones.

Con base en estos hallazgos, el proyecto formuló recomendaciones de optimización y mejora de procesos para fortalecer el desempeño ambiental del programa, consolidó un informe técnico final validado, desarrolló piezas gráficas y materiales de divulgación para distintos grupos de interés, y dejó evidencia científica de alto nivel mediante la publicación del artículo “Measuring Circular Impact: Using LCA to Validate the Environmental Performance of the Circular Vision Packaging Recovery System in Colombia” en la revista Sustainability, una revista científica de alto impacto. En conjunto, el estudio no solo valida técnica y cuantitativamente la efectividad ambiental del modelo de Visión Circular, sino que también posiciona al programa como un referente replicable de responsabilidad extendida del productor y de economía circular aplicada a la gestión de envases y empaques en Colombia y América Latina.

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Conceptos técnicos	Informe descripción del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe presupuesto del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	Informe cronograma-indicadores-productos del proyecto	Ver
Conceptos técnicos	ACV – Documento soporte	Ver
Artículos de investigación	Artículo científico	Ver



PROYECTO 15: VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍA DE INFRARROJO PORTÁTIL PARA IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

El proyecto “Caracterización de residuos plásticos en transformadores utilizando tecnología de infrarrojo portátil (NIR)” se consolidó como una apuesta para mejorar la identificación y clasificación de polímeros en entornos operativos reales, con el fin de aumentar la pureza de los materiales reciclados, reducir los errores derivados de la clasificación visual y fortalecer la trazabilidad del material dentro del ecosistema de Visión Circular. La iniciativa se planteó como una validación aplicada de tecnología portátil de espectroscopía de infrarrojo cercano, orientada especialmente a flujos de poliolefinas rígidas pos-consumo, principalmente PEAD y PP, donde la similitud visual entre materiales suele generar mezclas incompatibles, pérdidas de valor y restricciones para reincorporar el material a aplicaciones de mayor exigencia técnica. En su conjunto, el proyecto parte de un estado de madurez tecnológica TRL 5 y busca avanzar a TRL 6, es decir, pasar de una tecnología ya validada en entornos relevantes a una demostración funcional en condiciones reales del contexto colombiano.

En su fase inicial, desarrollada desde 2025, el proyecto se enfocó en asegurar la base instrumental que haría posible la validación en campo, mediante la incorporación de cua-

tro equipos portátiles NIR¹ como habilitadores del proceso. Esta etapa permitió pasar de una intención de modernización tecnológica a una capacidad concreta de intervención en plantas de clasificación y transformación. En términos de I+D+i, el producto más representativo de esta primera fase fue la plataforma instrumental de identificación portátil, acompañada por el ejercicio de alistamiento técnico para su uso en operaciones reales, ya que sobre esta base se soporta toda la generación posterior de evidencia técnica, comparaciones de pureza y protocolos de adopción.

Durante 2026, el proyecto entra en su fase central de implementación y validación técnica en campo. En este periodo se prevé la selección y formalización de cuatro transformadores o ECAs, distribuidos en dos regiones del país, con la meta de trabajar sobre un flujo objetivo de poliolefinas rígidas clasificado como de alta pureza. La fase contempla la identificación y evaluación de las operaciones participantes, la firma de contratos de comodato, la ejecución del muestreo representativo inicial y la construcción de una línea base de pureza del material antes de la intervención tecnológica. A partir de ello, se desarrollará la capacitación

¹ Por su sigla en inglés Near Infrared



TLR:

Inicial: 5 | Final: 6



Tipología:
Innovación

Aliados Estratégicos: Matoha (Proveedor), empresas transformadoras (4).

Objetivo general: Medir el impacto que tiene la incorporación de tecnologías de identificación de materiales plásticos basadas en espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) portátil en la calidad del material separado en los procesos de clasificación de transformadores, evaluando su efecto sobre la pureza en un periodo de validación de cinco (5) meses.

Objetivos específicos:

- Analizar comparativamente la calidad del material plástico clasificado antes y después de la incorporación de la tecnología de espectroscopía NIR portátil, mediante pruebas de laboratorio y mediciones en campo, para determinar las mejoras alcanzadas en la pureza y homogeneidad del material procesado.
- Documentar la metodología de implementación, las brechas técnicas y operativas encontradas, y el impacto obtenido con la aplicación del sistema NIR portátil en las condiciones reales de los transformadores, con el fin de generar un marco metodológico replicable para otras empresas del sector.
- Elaborar un artículo científico que divulgue los resultados técnicos y de impacto obtenidos en el proyecto, destacando la aplicabilidad del uso de espectroscopía NIR portátil en la clasificación de materiales plásticos y su contribución a la economía circular.

del personal, la entrega operativa de los equipos y su integración a las rutinas habituales de clasificación. Como resultado verificable de esta etapa se proyectan 4 informes de línea base, 4 registros documentales de muestreo inicial, 1 base de datos consolidada con registros automáticos del NIR y 12 visitas técnicas cualitativas, equivalentes a tres por cada transformador participante. En esta fase, el producto de I+D+i más representativo será la metodología de muestreo técnico y línea base comparativa de pureza, porque convierte la operación diaria de clasificación en un proceso medible, comparable y técnicamente evaluable.

A lo largo de la implementación en 2026 también se proyecta medir el nivel de adopción real del equipo, su frecuencia de uso, sus tasas de acierto, error y no lectura, así como la respuesta de los operarios frente a la tecnología. Como indicadores productivos, el proyecto plantea validar el uso del NIR en 4 transformadores, capacitar por lo menos a 10 operarios o técnicos, realizar 9 ensayos de laboratorio asociados a línea base, medición posterior y análisis de comparación, y consolidar un seguimiento sistemático de desempeño en condiciones reales. En términos de impacto técnico, la meta principal es lograr una mejora de al menos 15% en la pureza del material clasificado, con una proyección de alcanzar mejoras del orden de 20% en escenarios de escalamiento posterior. Este componente no solo busca demostrar que el equipo funciona, sino que su uso puede traducirse en una separación más homogénea, una menor mezcla de polímeros incompatibles y una mayor confiabilidad del flujo comercializado.

En 2027, el proyecto culmina con la fase de medición final, análisis comparativo, sistematización de aprendizajes y transferencia de conocimiento. En esta etapa se repite el muestreo del flujo objetivo y se realiza la caracterización final del material para contrastar los resultados frente a la línea base. A partir de esta comparación se espera consolidar 1 informe técnico comparativo antes-después, 1 protocolo básico y replicable de uso del NIR, 1 informe final de

resultados y aprendizajes y 1 artículo técnico o de divulgación científica orientado a transferir el conocimiento generado al ecosistema de reciclaje. Junto con ello, el proyecto proyecta identificar y priorizar por lo menos 5 brechas o limitaciones técnicas y operativas relacionadas con color, contaminación superficial, condiciones ambientales, calibración del equipo y formación del personal. Por su capacidad de sintetizar el desempeño real del sistema y convertirlo en una ruta de adopción sectorial, el producto de I+D+i más representativo de 2027 será el protocolo técnico replicable para implementación del NIR en transformadores y ECAs, respaldado por el informe comparativo de impacto y el documento final de aprendizajes.

En términos operativos, el proyecto se estructura sobre un piloto intensivo de cinco meses, pero su lógica de resultados se proyecta a una senda de consolidación entre 2025 y 2027. La primera fase habilita la disponibilidad tecnológica; la segunda implementa, mide y entrena la operación en campo; y la tercera sistematiza el impacto y deja una base metodológica para replicar la herramienta en otros transformadores. Bajo esta lógica, además de los productos técnicos inmediatos, la iniciativa abre una ruta de expansión hacia más empresas del ecosistema, con la expectativa de extender posteriormente la validación a tres organizaciones adicionales y mantener la capacitación de nuevos operarios en los años siguientes.

En conjunto, el proyecto no se limita a introducir un dispositivo de lectura, sino que construye una evidencia técnica sobre cómo la tecnología NIR portátil puede mejorar la clasificación de residuos plásticos en Colombia. Su principal aporte consiste en demostrar, con métricas operativas, analíticas y comparativas, que la identificación precisa de polímeros en el punto de separación puede elevar la pureza del material, disminuir la variabilidad del flujo reciclado, fortalecer la trazabilidad y aportar insumos concretos para tecnificar el reciclaje mecánico en condiciones reales del país.



TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	LINK
Productos tecnológicos certificados o validados	4 equipos NIR para clasificación de plásticos en ECAs	Ver



REFLEXIONES FINALES, APRENDIZAJES Y ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO 2026

El periodo 2023–2025 consolida una senda de innovación aplicada al cierre de ciclo en envases y empaques, donde Visión Circular – ANDI ha pasado de estructurar y operar un portafolio (convocatoria, priorización y puesta en marcha), a robustecer su capacidad de ejecución y de reporte verificable ante ANLA, con trazabilidad técnica y financiera y un enfoque de mejora continua.

En 2025, el énfasis del informe se centra en resultados verificables (productos de I+D+i y evidencias) y en ordenar la lectura del portafolio 2023–2025 para facilitar seguimiento, verificación y comparabilidad anual; esto marca una madurez del programa en dos frentes: (i) gobernanza y operación (PMO) y (ii) consolidación de resultados para orientar decisiones del colectivo y fortalecer el cumplimiento regulatorio del Plan Colectivo.

En paralelo, el contexto normativo y de mercado se mantiene dinámico, reforzando la importancia de sostener una agenda de innovación con enfoque sistémico: ecodiseño, trazabilidad, recuperación/transformación y modelos de negocio circulares, conectados con incentivos, políticas de CTI y expectativas internacionales de circularidad.

Algunas de nuestras lecciones aprendidas son que:

1

La consolidación de un modelo de gestión del portafolio (seguimiento técnico, administrativo y financiero; estandarización de evidencias) se vuelve condición necesaria para reportar con calidad a ANLA y para que el aprendizaje de cada proyecto se traduzca en decisiones de portafolio (qué escalar, qué rediseñar, qué detener).

4

Integrar iniciativas en diferentes modelos de negocio circular y niveles de madurez ayuda a mantener un flujo de innovación: desde estructuración/pilotos hasta demostración y adopción, aumentando la probabilidad de intervenciones replicables con impacto agregado territorial.

2

Definir desde el inicio un set de indicadores transversales para todo el portafolio, complementado con indicadores específicos por proyecto, permite mayor control de la ejecución y habilita comparaciones en los mismos términos entre iniciativas, cohortes y años de reporte.

5

Para asegurar comparabilidad anual y facilitar verificación, es clave definir desde el inicio: qué productos se esperan (metodologías, prototipos, pilotos, guías, mejoramientos), qué evidencia los soporta y cómo se consolida esa información para el reporte a ANLA (no como una tarea al final, sino como parte del método).

3

El seguimiento periódico de indicadores e hitos, bajo el ciclo PHVA, permite ajustar iterativamente la estrategia y responder a necesidades emergentes de la cadena, manteniendo foco en el impacto sobre cierre de ciclo y beneficios para los miembros del colectivo.

6

Valorar explícitamente, dentro de los criterios de selección, las contrapartidas tanto en especie como en efectivo permite maximizar los resultados de los proyectos, potenciar su impacto y fortalecer los compromisos de ejecución de beneficiarios y aliados (cofinanciación, acceso a capacidades, uso de infraestructura, redes y escalamiento).

Para 2026, la estrategia busca fortalecer la articulación con aliados externos para movilizar recursos y capacidades hacia el portafolio: gobiernos locales, academia, organizaciones sociales, cooperación internacional y filantropía. Se reconoce la necesidad de financiamiento flexible (grants) como catalizador para fases de estructuración, pilotos, demostración y sistematización de resultados, especialmente en iniciativas con alta relevancia social y ambiental.

En este marco, se propone un modelo de relacionamiento con fundaciones basado en: (i) objetivo común, alineando agendas de justicia social, equidad y sostenibilidad con la estrategia de inclusión y circularidad empresarial del programa; (ii) áreas de interés compartido, como inclusión de comunidades históricamente marginadas en economía circular, empleabilidad verde y fortalecimiento de capacidades locales; y (iii) una hoja de ruta de colaboración, iniciando con un grant semilla para estructurar y ejecutar pilotos demostrativos, seguido de escalamiento mediante cofinanciación multiactor. Como referente de aplicación, la Ford Foundation puede considerarse un aliado potencial para agendas de inclusión y transformación sistémica, en la medida en que se identifiquen convergencias programáticas y territoriales.

Las proyecciones de impacto para 2026 se expresan en tres dimensiones: capacidades, productos y cierre de ciclo. En capacidades, se espera consolidar una mayor articulación del ecosistema y mejorar el desempeño de actores en la base de la cadena mediante programas de inclusión social y productiva. En productos, se proyecta fortalecer la generación de resultados verificables de I+D+i (metodologías, prototipos, pilotos, escalamiento de prácticas y modelos) que faciliten trazabilidad y comparabilidad anual. En cierre de ciclo, el programa busca incrementar el impacto agregado mediante intervenciones replicables y escalables, con especial énfasis territorial en zonas con alta vulnerabilidad socioambiental y desafíos críticos de gestión de residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Colciencias. (2016). *Glosario de Términos de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación* (Documento interno, pág. 2). Bogotá: COLCIENCIAS.

Consejo de la Unión Europea. (2024, 16 de diciembre). *Envases sostenibles: el Consejo aprueba nuevas normas para reducir los residuos y aumentar la reutilización en la UE* (Comunicado de prensa 942/24). Bruselas: consilium.europa.eu.

DNP – Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Documento CONPES 4069: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Concepto de la economía circular*. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org> (consultado 01/12/2025).

ISO – International Organization for Standardization. (2020). *ISO 14006:2020 – Environmental management systems – Guidelines for incorporating ecodesign*. Ginebra: ISO.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2018). *Resolución 1407 de 2018* (26 julio 2018). Bogotá: Diario Oficial 50.666. sakakiconsultores.com.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2020). *Resolución 1342 de 2020* (24 septiembre 2020). Bogotá: Diario Oficial 51.440.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2024). *Resolución 803 de 2024* (24 junio 2024). Bogotá: Diario Oficial 52.163. minambiente.gov.co.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias). (2022). *Nueva Política de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031* (Boletín de prensa). Recuperado de <https://minciencias.gov.co/colaboracion.dnp.gov.co>.

OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4th ed.). Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Sitra & Deloitte. (2022). *Sustainable growth with circular economy business models: A playbook for businesses*. Helsinki: Finnish Innovation Fund Sitra sitra.fisitra.fi.

UNEA – United Nations Environment Assembly. (2022a). *Resolution 5/11: Enhancing circular economy as a contribution to achieving sustainable consumption and production*. Nairobi: United Nations Environment Programme uneunep.org.

UNEA – United Nations Environment Assembly. (2022b). *Resolution 5/14: End plastic pollution – Towards an international legally binding instrument*. Nairobi: United Nations Environment Programme unep.org.



ABASTECIMIENTO CIRCULAR



PRODUCTO COMO SERVICIO



RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN



Impulsando el país hacia la economía circular

