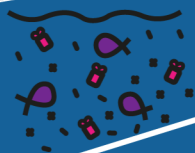


Ingeniería Industrial 360°

Procesos, tecnologías y gestión avanzada de la contaminación industrial



Editor: Óscar Rafael Tinoco Gómez



Ingeniería industrial 360°

Procesos, Tecnologías
y
Gestión Avanzada
de la
Contaminación Industrial

Manuel Enrique Gonzales Aparicio

Betsy Katherine Cambindo Quiñónez

Jessica Gisell Valdivia Cuentas

Domingo Hussein Pacheco Alvaro

Nancy Elizabeth Barreda de Miranda

Nohemy Mirian Canahua Apaza

Mickey Elvis Ayrampo Espinoza

Edgar Jara Acosta

Karenth Elena Ramírez Álvarez

Editor. Óscar Rafael Tinoco Gómez

Ingeniería industrial 360°

Procesos, Tecnologías y Gestión Avanzada de la Contaminación Industrial

Autores:

- © Manuel Enrique Gonzales Aparicio
- © Betsy Katherine Cambindo Quiñónez
- © Jessica Gisell Valdivia Cuentas
- © Domingo Hussein Pacheco Alvaro
- © Nancy Elizabeth Barreda de Miranda
- © Nohemy Mirian Canahua Apaza
- © Mickey Elvis Ayrampo Espinoza
- © Edgar Jara Acosta
- © Karenth Elena Ramírez Álvarez

Editado por :

- © Óscar Rafael Tinoco Gómez
- Calle El Abutillón 3881, Urb. Las Palmeras - Los Olivos. Lima - Perú
otinocog@unmsm.edu.pe

Diagramación de texto, maquetación y diseño:

Carlos Alberto Vega Vidal

Arte y portada

Mariella Soledad Villavicencio Quiñones

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2026-12921

Primera edición digital, octubre 2026

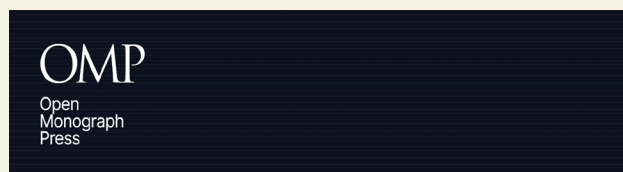
ISBN: 978-612-03-3327-3

Libro electrónico disponible en: [http:// librosctscafe.ctscafe.pe/](http://librosctscafe.ctscafe.pe/)

Contenido

Introducción	6
Capítulo I	7
Gestión de residuos con aplicación de tecnologías emergentes	7
Waste Management with Application of Emerging Technologies	7
Manuel Enrique Gonzales Aparicio Universidad Nacional Mayor de San Marcos Betsy Katherine Cambindo Quiñónez Universidad Nacional Mayor de San Marcos Jessica Gisell Valdivia Cuentas Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Capítulo 2	27
Gestión de procesos textiles bajo un enfoque de sostenibilidad	27
Textile process management under a sustainability approach	27
Domingo Hussein Pacheco Alvaro Universidad Nacional Mayor de San Marcos Nancy Elizabeth Barreda de Miranda Universidad Nacional Mayor de San Marcos Nohemy Mirian Canahua Apaza Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Capítulo 3	44
Economía circular en la industria textil: innovación y sostenibilidad para un futuro responsable	44
Circular economy in the textile industry: innovation and sustainability for a responsible future	44
Mickey Elvis Ayrampo Espinoza Universidad Nacional Mayor de San Marcos Edgar Jara Acosta Universidad Nacional Mayor de San Marcos Karenth Elena Ramírez Álvarez Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Sobre los autores	80

Este libro ha sido sometido a una rigurosa revisión por pares por expertos en el campo por medio del sistema



Agradecemos a los revisores por sus valiosos comentarios y sugerencias, que han contribuido a la calidad final de esta publicación científica

Libro para descarga disponible en <https://librosctscafe.ctscafe.pe/index.php/1>

El arte, el diseño y la tipografía de este libro se han realizado sin el uso de Inteligencia Artificial (IA)

Introducción

En las últimas décadas, la contaminación industrial es un concepto recurrente tanto en la literatura académica y científica como en la prensa cotidiana, asociada a su impacto nocivo en agua, aire y suelo.

La presión social sobre estos impactos genera la formación de opinión en el medio público, el entorno empresarial y en la sociedad civil en su conjunto. Tanto en maestrías como en doctorados se han incrementado el número de tesis asociadas a la gestión que permita dar solución a este flagelo que causa daños inmensos a nuestro planeta. La revisión de literatura especializada en este tema, en idioma español, identifica un vacío que es necesario abordar.

Doctorandos de la cátedra de Gestión y Control de la Contaminación, del doctorado en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con perspectiva multidisciplinaria, abordan esta temática, desde la perspectiva del paradigma de Ingeniería Industrial 360^a, el mismo que representa una mirada holística e integral para optimizar sistemas productivos, integrando la gestión de calidad, seguridad y productividad con tecnologías emergentes y sostenibilidad.

Este libro presenta un abordaje multidisciplinario de la gestión y control de la contaminación industrial:

- Gestión de residuos con Aplicación de Tecnologías Emergentes
- Gestión de procesos textiles bajo un enfoque de sostenibilidad
- Economía circular en la industria textil: innovación y sostenibilidad para un futuro responsable

Los autores presentan interesantes casos de estudio que contribuirán al abordaje integral y multidisciplinario de esta problemática.

Dr. Oscar Rafael Tinoco Gómez

Docente Principal UNMSM

Coordinador Grupo de Investigación Producción más Limpia.

Capítulo 3

Economía circular en la industria textil: innovación y sostenibilidad para un futuro responsable

Circular economy in the textile industry: innovation and sustainability for a responsible future

Mickey Elvis Ayrampo Espinoza

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Edgar Jara Acosta

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Karenth Elena Ramírez Álvarez

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Este trabajo aborda la ingeniería y la economía circular, poniendo énfasis en la sostenibilidad, la gestión de recursos y el impacto de políticas relacionadas en Chile y otros lugares. Se discuten estrategias para implementar la economía circular, con ejemplos de leyes y centros especializados. también se revisan fundamentos técnicos y educativos para formar profesionales con visión sostenible y se resaltan desafíos y oportunidades en la transición hacia un futuro responsable.

Palabras clave: Economía circular/ Industria textil/ Sostenibilidad.

This work addresses engineering and the circular economy, emphasizing sustainability, resource management, and the impact of related policies in Chile and elsewhere. Strategies for implementing the circular economy are discussed, with examples of legislation and specialized centers. Technical and educational foundations for training professionals with a sustainable vision are also reviewed, and challenges and opportunities in the transition to a responsible future are highlighted.

Keywords: Circular economy/ Textile industry/ Sustainability.

Introducción

La industria textil representa uno de los sectores con mayor impacto ambiental, desde la extracción de fibras hasta el desecho de productos. La transición hacia un modelo económico más sostenible exige adoptar principios de economía circular, los cuales

promueven el uso eficiente de los recursos, la minimización de residuos y la innovación sistémica. Esta obra se inspira en los aportes de Cortés García (2020), integrando estos principios al contexto de la industria textil para promover un cambio cultural, económico y ambiental urgente.

En esta sección, se expone la relevancia de adoptar principios de economía circular en el ámbito textil, considerando los impactos ambientales, sociales y económicos que genera la producción convencional. Se presenta el contexto global y nacional, resaltando tendencias actuales, necesidades de innovación en procesos y productos, y antecedentes sobre la problemática del desperdicio, la sobreexplotación de recursos y la contaminación en la industria textil. Además, se explica qué motiva esta obra, la importancia de impulsar modelos de negocio sostenibles y cómo el enfoque circular puede transformar radicalmente el sector hacia una economía más responsable y resiliente.

La globalización y el crecimiento acelerado de la industria textil han generado una serie de desafíos críticos relacionados con la sostenibilidad ambiental, social y económica. La producción textil, tradicionalmente caracterizada por un alto consumo de recursos naturales —como agua, energía y materias primas— y una generación significativa de residuos y contaminación, ha alcanzado niveles que amenazan la salud del planeta y el bienestar social. Factores como la creciente demanda de moda rápida, la obsolescencia programada y las prácticas de consumo desmedido contribuyen a un ciclo insostenible que requiere ser reorganizado urgentemente.

Motivación principal: El impulso para explorar y aplicar principios de economía circular en este sector surge ante la evidencia tangible de estos impactos negativos y la necesidad imperante de disminuir la huella ecológica del proceso productivo textil. La economía circular ofrece un paradigma alternativo que propone mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, reparar, reutilizar y reciclar productos, y minimizar los residuos y emisiones nocivas. La adopción de estos principios no solo puede reducir costos y optimizar los recursos, sino que además puede ser un eje central para innovación, diferenciación y competitividad en un mercado cada vez más consciente y exigente en temas de sostenibilidad.

Antecedentes y contexto internacional: Desde principios del siglo XXI, diversos países y organizaciones internacionales han comenzado a implementar políticas y normativas que fomentan modelos de producción más responsables. La Unión Europea, por ejemplo, ha desarrollado estrategias de economía circular mediante directrices y legislación que buscan transformar los métodos tradicionales en cadenas de valor sostenibles. La ONU y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), han promovido campañas y programas específicos para el sector textil, destacando la importancia de reducir residuos textiles y promover procesos de reciclaje y reutilización en sus agendas globales de sostenibilidad.

Contexto en América Latina y Colombia: En países como Colombia, se ha avanzado institucionalmente en la formulación de políticas que promueven la economía circular en diferentes sectores, incluyendo el textil. La estrategia nacional refleja un compromiso con transformar los modelos de producción y consumo para disminuir la dependencia de recursos no renovables y reducir la generación de residuos sólidos. Sin embargo, a nivel práctico, la industria aún enfrenta barreras relacionadas con la viabilidad técnica, la inversión en tecnología y la sensibilización del sector empresarial y los consumidores.

Relevancia actual: El contexto de crisis sanitaria global derivada de la pandemia de COVID-19 ha actuado como catalizador para repensar las cadenas de suministro, promover la autosuficiencia y valorar procesos circulares que sean resilientes, eficientes y sostenibles. La creciente conciencia social y ambiental, junto con las innovaciones tecnológicas en materiales, diseño y producción, habilitan ahora mayores oportunidades para transformar integralmente el sector textil bajo una visión de economía circular.

Propósito del trabajo: Este trabajo pretende ser una guía accesible que ayude a comprender y aplicar los principios de economía circular en la industria textil. Busca inspirar a actores clave —empresas, académicos, diseñadores, reguladores y consumidores— a colaborar en un proceso de cambio sistémico, que permita reducir el impacto ambiental, promover la innovación y crear modelos de negocio responsables y sostenibles. La obra se basa en experiencias internacionales, estudios de casos reales, análisis de políticas y tendencias emergentes, con el objetivo de contribuir a un sector más justo, eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

La industria textil es una de las más antiguas del mundo y también una de las más influyentes en la vida cotidiana de las personas. Sin embargo, esta influencia ha venido acompañada de un alto costo ambiental, social y económico. A lo largo de las últimas décadas, el modelo de producción y consumo que rige este sector ha sido mayormente lineal: extraer recursos, fabricar productos, consumirlos y finalmente desecharlos. Este enfoque ha derivado en la sobreexplotación de materias primas, el uso intensivo de agua, la contaminación por colorantes y productos químicos, y la generación masiva de residuos textiles que, en muchos casos, no son biodegradables ni reciclables.

Diversos informes internacionales han alertado sobre la insostenibilidad del modelo textil actual. Por ejemplo, según la Fundación Ellen MacArthur (2017), el sector textil consume alrededor de 93 mil millones de metros cúbicos de agua al año y genera más emisiones de carbono que los vuelos internacionales y el transporte marítimo combinados. Además, menos del 1% de los materiales utilizados en la producción de ropa se reciclan para fabricar nuevas prendas. A esto se suma una cadena de suministro caracterizada por prácticas laborales injustas, condiciones inseguras y falta de trazabilidad.

Frente a este escenario, surge la economía circular como una propuesta transformadora que permite reconfigurar la manera en que diseñamos, producimos y consumimos bienes. A diferencia del modelo lineal tradicional, la economía circular propone mantener los

recursos en uso el mayor tiempo posible, extraer el máximo valor de ellos durante su vida útil y regenerar productos y materiales al final de su ciclo. En lugar de ser el fin del ciclo, el residuo se convierte en el inicio de uno nuevo, promoviendo la regeneración y la eficiencia sistémica.

Este libro se basa en los fundamentos expuestos por Francisco Joaquín Cortés García en su obra *La economía circular* (2020), que recoge y sintetiza múltiples enfoques académicos y técnicos sobre la transición hacia modelos económicos regenerativos. En este nuevo volumen, se busca aplicar esos principios específicamente al contexto de la industria textil, una de las más complejas y urgentes de transformar. La motivación principal es brindar un marco de reflexión y acción a tomadores de decisiones, técnicos, estudiantes y empresarios del sector textil, proponiendo alternativas viables, ejemplos exitosos y estrategias concretas para hacer realidad la sostenibilidad a través de la innovación.

Además, se reconoce que la economía circular no puede implementarse de forma aislada. Requiere una integración multisectorial, cambios en la cultura organizacional, políticas públicas coherentes, incentivos para la innovación y, sobre todo, una ciudadanía informada y comprometida. Es por ello que, a lo largo de este libro, se combinará el análisis teórico con casos prácticos, evidenciando cómo la circularidad puede ser una herramienta poderosa para construir un futuro más responsable, justo y ecológicamente equilibrado dentro de la industria textil.

Este esfuerzo no pretende ser una guía exhaustiva, sino un punto de partida para repensar el diseño, el uso y el destino final de cada hilo, fibra y prenda que usamos, promoviendo una economía donde nada se desperdicia y todo se transforma.

Base teórica:

En este capítulo se detallan los conceptos fundamentales y las estrategias que sustentan la economía circular en la industria textil. Se abordan temas esenciales como la reducción de insumos y residuos, el diseño para la durabilidad y la reparabilidad, las técnicas de reciclaje textil, el uso eficiente de recursos hídricos y energéticos, y la incorporación de materiales innovadores y biodegradables. También se analizan marcos conceptuales, normativas internacionales y nacionales, indicadores de medición, y modelos de negocio que facilitan la transición hacia una producción y consumo más sostenibles.

La base teórica de la economía circular es fundamental para comprender los conceptos, principios y modelos que sustentan una transición hacia sistemas productivos más sostenibles y responsables. Este marco conceptual sirve como fundamento para analizar cómo las industrias, específicamente el sector textil, pueden incorporar prácticas que favorezcan la economía circular, promoviendo la eficiencia en el uso de recursos y la minimización de residuos.

Basada en el libro *La economía circular* (Cortés García, 2020), se desarrollan los siguientes conceptos:

- Evolución del concepto de sostenibilidad.
- De la economía lineal a la economía circular.
- Principios de la economía circular según Ellen MacArthur y autores como Stahel, McDonough y Braungart.
- Herramientas clave: jerarquía de residuos, diseño regenerativo, cradle to cradle, biomímesis y valorización energética.
- Teorías base: ecología industrial, economía del rendimiento y capitalismo natural.

Concepto de economía circular

La economía circular se define como un modelo económico que busca mantener los productos, componentes y materiales en su mayor ciclo de utilidad por el mayor tiempo posible, mediante la reutilización, el reciclaje, la reparación y la valorización de residuos, estableciendo una simbiosis con los principios de desarrollo sostenible 116. A diferencia del modelo lineal tradicional —que sigue la secuencia de “extraer, producir, consumir y desechar”—, la economía circular intenta cerrar los ciclos de vida de los productos para reducir la dependencia de recursos finitos y disminuir la generación de residuos.

Dimensiones y principios fundamentales

Los principios rectores de la economía circular incluyen:

- Rediseñar productos y procesos para maximizar la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad.
- Reducir el consumo de recursos y la generación de residuos desde la fase de diseño.
- Reutilizar, extendiendo la vida útil de los productos y componentes.
- Reciclar, recuperando materiales para su reinserción en nuevos procesos productivos.
- Reparar productos y componentes dañados para prolongar su utilización.
- Remanufacturar y rediseñar productos para optimizar su ciclo de vida y valor.
- Recuperar recursos energéticos de residuos no reciclables o sobrantes.

Estos principios se complementan con las 9 R del movimiento de economía circular, que guían las estrategias de manejo de recursos y residuos 109, de los cuales se destacan: reducir, reusar, reciclar, rediseñar, remanufacturar y otros.

Modelos y estrategias conceptuales

Diversos modelos y estrategias sustentan la implementación de la economía circular en industrias específicas, incluyendo:

- Círculos de valor: modelos que buscan integrar diferentes actores para cerrar los ciclos de materiales y energía, fomentando la colaboración y la innovación.
- Eco-diseño: diseñar productos considerando su ciclo completo, facilitando reparaciones, reutilización y reciclaje.
- Sistemas de recuperación: mecanismos que permiten la recolección y valorización de residuos textiles para su reincorporación en nuevos procesos productivos.
- Economía de la utilidad o servicios en lugar del producto: promoviendo modelos en los que se comercializa el uso o servicio en lugar del bien en sí, minimizando la producción y disposición de productos.

En estos modelos, la innovación tecnológica y la integración de procesos de información son clave para facilitar decisiones basadas en datos reales y optimizar los recursos.

Normas, estándares y marco legal

Para regular, estandarizar y potenciar la economía circular, han sido desarrolladas diversas normativas internacionales y nacionales. La ISO/TC 323 por ejemplo, ha elaborado normas relacionadas con la medición de circularidad y modelos de negocio sostenibles 49. En Colombia, el CONPES 3874 de 2016 y la Estrategia Nacional de Economía Circular establecen lineamientos específicos dirigidos a promover estos principios en diferentes sectores, incluyendo la industria textil 50.

Las normas sirven como herramientas que garantizan la coherencia, el reconocimiento internacional y la facilitación de la implementación de procesos sostenibles.

Impacto de la economía circular en la industria textil

La industria textil, con su elevada huella ambiental, resulta ideal para la aplicación de estos principios. La base teórica contempla aspectos como:

- La reutilización de fibras textiles y residuos de corte.
- La innovadora utilización de materiales reciclados en la fabricación de nuevos productos.
- El diseño de prendas y textiles que puedan ser fácilmente reparados o reciclados.
- La creación de cadenas de valor cerradas que involucren a proveedores, productores, consumidores y gestores de residuos.
- La integración de tecnologías digitales para el seguimiento de materiales y ciclos de vida, facilitando decisiones informadas y transparentes.

Estos elementos, fundamentados en la teoría, permiten transformar modelos productivos lineales en cadenas de valor circulares, promoviendo la sostenibilidad y la competitividad.

Metodología

Casos de estudio

Aquí se presentan experiencias reales y prácticas del sector textil que ejemplifican la aplicación de principios de economía circular. Se describen proyectos en diferentes contextos, como empresas que implementan sistemas de reciclaje de fibras, desarrollo de productos de bajo impacto, nuevos modelos de reuso y recompra, innovación en la cadena de suministro y procesos de economía colaborativa. Cada caso se analiza en detalle, resaltando las metodologías, resultados, desafíos y lecciones aprendidas, con el fin de ofrecer ejemplos concretos y replicables.

Casos de estudio en economía circular

La implementación de estrategias de economía circular en diferentes sectores productivos ha sido abordada mediante casos de estudio que permiten entender de forma práctica cómo se pueden aplicar estos principios en escenarios reales. En particular, en este análisis se consideran casos relacionados con la valorización de residuos provenientes de las industrias automotriz y agroindustrial, los cuales presentan oportunidades significativas para cerrar ciclos de materiales y promover la sustentabilidad en la construcción y otros ámbitos.

Caso 1: Valorización de residuos del sector automotriz para materiales de construcción

Este caso ilustra la utilización de residuos provenientes de la industria automotriz — como plásticos reciclados, tejidos reutilizados o partes metálicas— en la fabricación de materiales de construcción, en particular, en componentes como bloques, paneles aislantes o cementos con aditivos reciclados.

- **Contexto y problemática:** El sector automotriz produce una significativa cantidad de residuos sólidos, incluyendo plásticos, vidrios, metales, tejidos y componentes retirados de vehículos en desuso o en proceso de reciclaje. La gestión de estos residuos en muchas ocasiones confronta limitaciones en su revaloración, generando un problema de acumulación y contaminación.
- **Estrategia de economía circular aplicada:** El ejemplo analizado muestra cómo la recuperación y el reciclaje de estos residuos, mediante procesos de triturado, refinado y compatibilización, permiten incorporarlos en productos de construcción. Por ejemplo, los plásticos triturados pueden usarse como aditivos en mezclas de concreto, aportando propiedades de aislamiento térmico o acústico, además de reducir el consumo de cemento y otros ingredientes primarios

Resultados y beneficios:

- Reducción significativa de residuos en vertederos y plantas de tratamiento.
- Disminución del uso de materias primas vírgenes, promoviendo la sostenibilidad de recursos naturales.
- Mejora en las propiedades físicas y funcionales de materiales de construcción, como mayor aislamiento.
- Contribución a la economía circular mediante la creación de nuevas cadenas de valor y generación de empleo en la recuperación de residuos.

Desafíos y consideraciones:

Se requieren estándares de calidad, procesos de certificación y normativas específicas que aseguren la compatibilidad y seguridad del producto final, además de la aceptación del mercado.

Caso 2: Reutilización de residuos agroindustriales en la fabricación de materiales de construcción sostenibles

Este caso involucra residuos agroindustriales, como cáscaras, bagazo de caña, residuos de arroz o fibras vegetales, valorizados mediante procesos de tratamiento y compatibilización para la fabricación de bloques, tableros o componentes constructivos.

Contexto y problemática:

Los residuos agrícolas en muchas regiones quedan sin aprovechar, causando problemas de disposición y pérdidas económicas. La búsqueda de soluciones sostenibles ha permitido transformar estos residuos en insumos valiosos, en línea con los principios de economía circular.

Estrategia de circularidad:

Se tratan residuos agrícolas mediante procesos de secado, triturado y, en algunos casos, impregnación con aglutinantes ecológicos. Posteriormente, estos insumos se emplean en la fabricación de componentes constructivos, como bloques estructurales o aislantes.

Resultados y beneficios:

- Aprovechamiento de residuos agrícolas y reducción del impacto ambiental por disposición inadecuada.
- Producción de materiales con propiedades aislantes y de menor peso.
- Diversificación de productos en la cadena de valor de la construcción, promoviendo empleo local y desarrollo regional.
- Fomento de prácticas sostenibles en comunidades agrícolas y constructoras.

Desafíos y consideraciones:

Es fundamental garantizar la durabilidad y resistencia de los materiales, además de cumplir con las normas técnicas y de seguridad. La innovación en el adobo de fibras vegetales y el uso de aglutinantes ecológicos es clave para ampliar su aceptación en el mercado.

Dimensiones para la evaluación de propuestas de economía circular (como conclusión de los casos)

Al evaluar la viabilidad y sostenibilidad de estas iniciativas, se consideran dimensiones como:

- Económica: costos de recuperación, procesamiento y comercialización; valor agregado; oportunidad de mercado.
- Ambiental: reducción de residuos, huella de carbono, uso eficiente de recursos.
- Social: creación de empleo, inclusión social, aceptación comunitaria.
- Técnica: viabilidad de procesos, calidad del material producido, cumplimiento de normativas.

Por otro lado, otros datos:

- Reutilización de residuos textiles industriales en Perú y Colombia.
- Upcycling de prendas de vestir con modelos C2C en marcas latinoamericanas.
- Valorización energética de residuos textiles en países de la UE y su aplicación potencial en América Latina.
- Implementación de RAP (Responsabilidad ampliada del productor) en grandes cadenas de moda.

Caso 2: Reutilización de residuos textiles industriales en Perú y Colombia

Ubicación: Lima (Perú) y Medellín (Colombia)

Actores clave: Pequeñas empresas textiles y ONGs locales

Este caso muestra cómo, en dos contextos latinoamericanos distintos pero similares en problemática, pequeñas y medianas empresas han articulado alianzas con organizaciones sociales y ambientales para recolectar residuos textiles de talleres y confecciones, clasificarlos y reutilizarlos para nuevos productos como:

- Trapos industriales.
- Relleno para colchones o peluches.
- Bolsos, mochilas y accesorios elaborados artesanalmente con retazos.

Además de reducir residuos en vertederos, esta iniciativa genera empleos inclusivos para mujeres en situación de vulnerabilidad. En ambos países se desarrollaron manuales

técnicos de clasificación por tipo de tela y coloración, y se capacitó al personal en diseño para upcycling.

Impacto circular:

- Reducción de residuos postindustriales.
- Inclusión social y empleo verde.
- Promoción del consumo responsable.

Caso 3: Upcycling y rediseño de prendas – Moda sostenible en Latinoamérica

Ubicación: Buenos Aires (Argentina), Bogotá (Colombia), Ciudad de México (México).

Actores clave: Startups de moda circular, diseñadores independientes.

Empresas emergentes como *Hilando Verde*, *Remender* y *Textiles ReCircula* han puesto en marcha modelos de negocio basados en la transformación creativa de ropa en desuso, combinando principios de economía circular con tendencias de moda ética.

En lugar de desechar prendas viejas, estas empresas:

- Las rediseñan en talleres especializados.
- Les agregan valor artesanal o cultural.
- Venden ediciones limitadas con trazabilidad.

Muchas también incluyen campañas de “tráenos tu ropa usada y recibe un descuento”, promoviendo la logística inversa y extendiendo el ciclo de vida útil de los productos.

Impacto circular:

- Cambia la percepción del “residuo” como recurso.
- Fomenta el diseño regenerativo y artesanal.
- Disminuye la dependencia de materia prima virgen.

Caso 4: Valorización energética de residuos textiles no reciclables en Europa

Ubicación: Países Bajos, Alemania y Suecia.

Actores clave: Consorcios públicos y privados, plantas de conversión térmica.

Este caso demuestra cómo los residuos textiles que no pueden ser reutilizados ni reciclados mecánicamente se convierten en fuente de energía mediante tecnologías como:

- Incineración con recuperación de calor.
- Pirolisis para obtención de biocombustibles.
- Gasificación de fibras sintéticas.

Estos proyectos están regulados por normas estrictas de emisiones y solo se aplican tras agotar todas las estrategias de reutilización y reciclaje. Algunos municipios holandeses incluso han establecido centros de acopio selectivo para clasificación previa.

Impacto circular:

- Recuperación de energía de residuos no aprovechables.
- Reducción de la presión sobre rellenos sanitarios.
- Integración con sistemas de calefacción urbana.

Caso 5: Responsabilidad ampliada del productor (RAP) en la industria textil – H&M y Decathlon

Ubicación: Unión Europea.

Actores clave: Empresas multinacionales del retail textil.

En varios países de la UE, ya es obligatoria la aplicación de esquemas de RAP en el sector textil, lo que significa que las marcas son responsables de los productos más allá del punto de venta, incluyendo su recolección, reciclaje y disposición final.

Empresas como H&M y Decathlon han desarrollado:

- Puntos de acopio en tiendas físicas.
- Plataformas digitales de devolución.
- Centros de clasificación para recuperación de fibras.

Además, algunas prendas ya están diseñadas para facilitar su desmontaje y reciclaje mecánico (ecoetiquetado y materiales monocomponentes).

Impacto circular:

- Fomenta la innovación en diseño ecológico.
- Incentiva la circularidad desde el modelo de negocio.
- Responsabiliza a los productores por el ciclo de vida completo.

Caso 5: Inditex – Transformación hacia la economía circular

Contexto general

Inditex (Industria de Diseño Textil S.A.), matriz de marcas como Zara, Bershka, Pull&Bear y Massimo Dutti, es una de las empresas de moda más grandes del mundo. Fundada en Galicia (España), ha sido históricamente asociada al modelo de moda rápida (fast fashion), caracterizada por:

- Producción masiva y continua de colecciones.
- Rotación constante de inventario.
- Costos bajos.
- Vida útil corta de las prendas.

Este modelo le otorgó un crecimiento acelerado, pero también críticas significativas por sus impactos sociales, laborales y medioambientales. Frente a la presión de la opinión pública, nuevas regulaciones europeas y la emergencia climática, Inditex emprendió un

proceso de revisión estratégica e incorporación progresiva de principios de economía circular.

Estrategias circulares implementadas

Etiqueta “Join Life”

Es una submarca ambiental interna que identifica productos fabricados bajo criterios de sostenibilidad.

Exige que las prendas cumplan con al menos uno de los siguientes criterios:

- Uso de materias primas con bajo impacto ambiental (algodón orgánico, poliéster reciclado, TENCEL™).
- Proveedores con certificaciones medioambientales y sociales.
- Procesos que reduzcan el consumo de agua, energía o productos químicos.

En 2019, el 19% de las prendas de Inditex ya formaban parte de esta línea, con la meta de llegar al 100% de fibras sostenibles en 2025.

Programa de recolección y reciclaje de ropa usada

Implementado en tiendas de Zara y otras marcas en varios países.

En alianza con organizaciones como Cáritas, Cruz Roja y Oxfam, se recolecta ropa usada que es:

- Donada si está en buenas condiciones.
- Reutilizada como materia prima para nuevas prendas.
- Reciclada para usos industriales o aislantes.

En algunos casos, la ropa no reciclable se valoriza energéticamente.

Este sistema se integra a su estrategia de logística inversa y busca extender el ciclo de vida de las prendas.

Ecodiseño y colaboración con proveedores

Inditex ha iniciado un rediseño de procesos productivos basado en criterios de ecodiseño.

Destacan alianzas con proveedores de textiles innovadores, como:

- Lenzing AG, fabricante de fibras Lyocell Refibra™, elaboradas a partir de residuos de algodón reciclado y madera certificada.
- Incorporación de poliéster reciclado proveniente de botellas PET.

El proceso de diseño ahora integra desde su fase inicial parámetros como reciclabilidad, menor uso de agua, reducción de energía y facilidad de desmontaje del producto.

Objetivos de sostenibilidad a largo plazo

Inditex ha establecido compromisos públicos para el mediano y largo plazo, entre ellos:

- Cero residuos a vertedero en 2023 (logrado parcialmente).
- Uso de energías 100% renovables en su red logística global.
- Eliminación del plástico de un solo uso en todas sus operaciones.
- Certificación ambiental LEED en sus centros logísticos.

Resultados e impactos

Tabla N.º 1

Indicador	Resultado
Ahorro de agua	Hasta 90% en algunas prendas Join Life
Reducción de CO ₂	12% menos en productos Join Life
Recolección de prendas	26% de prendas vendidas fueron retornadas para reutilización/reciclaje
Incorporación de fibras sostenibles	91% del algodón y 100% del lino eran sostenibles en 2020
Posicionamiento	Incluida en el Dow Jones Sustainability Index

Fuente: elaboración propia

Efecto reputacional y de liderazgo:

Pese a críticas por prácticas anteriores, Inditex ha conseguido reposicionarse como una empresa líder en sostenibilidad textil, siendo reconocida por su enfoque de transparencia, trazabilidad y adaptación a la economía circular.

Lecciones aprendidas

La transición es posible incluso en modelos tradicionales

Aunque Inditex era ícono del fast fashion, ha demostrado que es posible transformar gradualmente la cadena de valor sin perder competitividad.

La circularidad requiere innovación sistémica

No basta con cambiar materiales: se necesita repensar desde el diseño hasta la logística, incluyendo relaciones con consumidores y aliados sociales.

Las alianzas son clave

La colaboración con ONGs, tecnólogos, startups y universidades ha sido fundamental para avanzar hacia un modelo circular creíble y escalable.

La circularidad mejora eficiencia y reputación

Reducción de costes por eficiencia energética y menor uso de materias primas.

Mejora de la imagen de marca frente a consumidores más exigentes.

Desafíos y críticas

- Persisten cuestionamientos sobre la coherencia del modelo: ¿puede una empresa de moda rápida ser realmente circular sin reducir su volumen de producción?
- Existen límites tecnológicos para el reciclaje textil a gran escala.
- La transformación cultural del consumidor aún es parcial: la demanda sigue centrada en precio y moda efímera.
- Aunque se implementan prácticas circulares, la producción masiva sigue generando un volumen significativo de residuos.

Conclusión del caso

El caso de Inditex demuestra que la economía circular no es exclusiva de pequeñas marcas sostenibles. También puede ser adoptada por gigantes del sector, siempre que exista voluntad estratégica, inversión en innovación y compromiso con el cambio estructural. Sin embargo, también deja claro que la verdadera circularidad exige cambios en los modelos de negocio, no solo en los materiales, y plantea un debate ético sobre los límites del crecimiento en la industria de la moda.

Modelo de evaluación del ciclo de vida sostenible (LCSA) aplicado a Inditex

¿Qué es el LCSA?

El Life cycle sustainability assessment (LCSA) o evaluación del ciclo de vida sostenible es una metodología que busca medir de forma integrada los impactos ambientales, sociales y económicos de un producto, servicio o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida. Esta herramienta es clave dentro del enfoque de economía circular, ya que permite evaluar si una estrategia “sostenible” lo es realmente en términos sistémicos.

El modelo se basa en tres pilares:

- LCA (Life cycle assessment): Evaluación del impacto ambiental.
- LCC (Life cycle costing): Evaluación de los costos económicos totales.
- S-LCA (Social life cycle assessment): Evaluación de impactos sociales.

$LCSA = LCA + LCC + S-LCA$

Aplicación del LCSA a productos textiles de Inditex

El estudio de Blanco Alcántara et al. aplica el LCSA a un producto emblemático del grupo Inditex: una camiseta básica de algodón, comparando su impacto según dos líneas de producción:

- Camiseta estándar: fabricada con algodón convencional, sin criterios ambientales especiales.
- Camiseta Join Life: fabricada con algodón orgánico y procesos bajo estándares sostenibles.

Análisis ambiental (LCA)

Metodología

Se utiliza la norma ISO 14040 e ISO 14044 para evaluar los impactos en distintas categorías, desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida útil (cradle-to-grave).

Indicadores evaluados:

- Consumo de agua (huella hídrica).
- Emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂ equivalente).
- Uso de energía no renovable.
- Impacto en la acidificación y eutrofización.

Resultados:

Tabla N° 2

Indicador	Camiseta estándar	Camiseta Join Life	Mejora (%)
Consumo de agua	2.700 litros	270 litros	-90%
Emisiones de CO ₂ eq.	3,2 kg	2,8 kg	-12%
Energía primaria utilizada	Alta	Moderada	-25%
Impacto en eutrofización	Elevado	Reducido	-30%

Fuente: Elaboración propia

Conclusión ambiental:

El uso de algodón orgánico, mejores prácticas agrícolas y procesos eficientes reduce notablemente el impacto ambiental. El ecodiseño y la menor dependencia de químicos contaminantes hacen del producto Join Life una alternativa más coherente con los principios de economía circular.

Análisis económico (LCC)

Objetivo:

Calcular el costo total del producto durante todo su ciclo de vida, incluyendo:

- Costes de materia prima.
- Costes de fabricación y logística.
- Costes ocultos (externalidades, gestión de residuos).
- Costes para el consumidor (lavado, mantenimiento, descarte).

Resultados destacados:

- La camiseta Join Life tiene un costo inicial de producción ligeramente más alto (+5–10%), debido al uso de insumos certificados y procesos más controlados.
- Sin embargo, el ahorro en agua, energía y gestión de residuos reduce los costes totales a lo largo del ciclo de vida.
- Para el consumidor, el producto tiene mayor durabilidad, lo que representa un menor coste por uso (€/uso).

Conclusión económica:

Aunque la camiseta Join Life puede parecer más cara al principio, resulta más económica a largo plazo y más eficiente para el sistema productivo global si se considera la inclusión de costes ambientales y sociales.

Análisis social (S-LCA)

Objetivo:

Evaluar los impactos sociales del ciclo de vida en los diferentes grupos de interés:

- Trabajadores (condiciones laborales).
- Comunidades locales (salud, equidad).
- Consumidores (salud y transparencia).
- Proveedores (comercio justo y formalización).

Resultados:

- La camiseta Join Life se produce en fábricas certificadas con auditorías sociales regulares (BSCI, Sedex).
- Se promueve la inclusión de mujeres en la cadena de suministro.
- Mayor transparencia en el origen de los materiales y respeto de los derechos laborales.
- Incentivo a relaciones comerciales duraderas con proveedores sostenibles.

Conclusión social:

El modelo Join Life tiene menores riesgos de vulneración de derechos humanos y laborales, y mejora la reputación social de la empresa, alineándose con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), en particular los ODS 8 (Trabajo decente) y 12 (Consumo responsable).

Resumen comparativo del LCSA aplicado a Inditex

Tabla N° 3

Dimensión	Camiseta Estándar	Camiseta Join Life	Mejora significativa
Ambiental	Alto impacto	Bajo impacto	sì
Económica	Menor coste inicial, mayor a largo plazo	Mayor coste inicial, menor a largo plazo	sí
Social	Riesgo alto en condiciones laborales y trazabilidad	Mejora en condiciones, transparencia y equidad	sí

Fuente: Elaboración propia

Implicancias para la industria textil

- El LCSA demuestra que la sostenibilidad no es solo ambiental, sino también económica y social.
- El enfoque circular debe evaluarse con herramientas integradas, y no con visiones parciales o cosméticas.
- Empresas que aplican LCSA ganan ventaja competitiva, mejoran su reputación, reducen riesgos y anticipan regulaciones.
- Consumidores informados valoran productos con menor impacto a lo largo de su ciclo de vida, aunque su coste inicial sea superior.

Recomendación para replicabilidad

El caso Inditex muestra que el LCSA puede ser adaptado por otras empresas, incluso PYMEs, como herramienta de mejora continua. Para ello se sugiere:

- Capacitar en ACV, ecodiseño y contabilidad ambiental.
- Establecer alianzas con universidades o centros de ecoinnovación.
- Digitalizar los procesos para mejorar trazabilidad y medición de impactos.
- Comunicar los resultados al consumidor de forma clara y transparente.

Caso 6: Diseño de prendas sostenibles: Casos Join Life (Inditex)

¿Qué es Join Life?

Join Life es la etiqueta de sostenibilidad desarrollada por Inditex (Zara y otras marcas del grupo), cuyo objetivo es identificar prendas que cumplen con criterios rigurosos en sostenibilidad ambiental y social, desde el diseño hasta el uso final del producto.

Cada prenda Join Life responde a tres categorías básicas:

- Care for fiber (Cuidado por la fibra): Uso de materiales sostenibles.
- Care for water (Cuidado del agua): Procesos de teñido y lavado con bajo impacto hídrico.
- Care for planet (Cuidado por el planeta): Producción con bajas emisiones y ahorro energético.

Principios de diseño sostenible aplicados en Join Life

El diseño de prendas Join Life se basa en los principios de ecodiseño y economía circular, lo que implica:

Selección responsable de materiales

- Uso de algodón orgánico: cultivado sin pesticidas ni fertilizantes químicos, con un consumo de agua hasta 90% menor que el algodón convencional.
- Uso de fibras celulósicas responsables: como TENCEL™ Lyocell, producida a partir de pulpa de madera certificada (FSC o PEFC), con un proceso cerrado que reutiliza más del 99% de los solventes.
- Utilización de fibras recicladas: como poliéster reciclado proveniente de botellas PET, nailon regenerado o mezclas de fibras recicladas pre-consumo (residuos de producción).
- Eliminación de tejidos de mezcla no reciclables (como algodón con elastano no separable), buscando monomateriales que faciliten el reciclaje posterior.

Optimización del diseño para facilitar reutilización y reciclaje

- Prendas diseñadas con costuras simples y elementos desmontables.
- Evitación de accesorios innecesarios (cierres, botones metálicos, etiquetas plásticas) que dificultan el reciclaje.
- Prioridad por diseños atemporales que prolongan la vigencia de uso de la prenda.

Diseño para alargar la vida útil

- Aplicación de criterios de calidad para mejorar la resistencia a lavados, tracción y abrasión.

- Instrucciones claras de cuidado, incentivando el uso responsable por parte del consumidor (lavado a baja temperatura, secado natural).
- Promoción del reacondicionamiento y reventa: parte de la estrategia circular para reducir el impacto postconsumo.

Reducción de impactos en la etapa de producción

- Procesos de teñido en seco (dry-dye) o con bajo consumo de agua y sin metales pesados.
- Certificaciones de procesos, como OEKO-TEX®, GOTS, Better Cotton Initiative o Global Recycled Standard (GRS).
- Implementación de energías renovables en las plantas de producción.
- Control de la huella de carbono y del uso de productos químicos en todas las etapas.

Casos concretos de prendas Join Life

Camiseta básica 100% algodón orgánico

- Fabricada sin uso de pesticidas ni semillas transgénicas.
- Consume un 91% menos de agua que una camiseta convencional.
- Se distribuye en empaque reciclado y con etiqueta reciclable.

Vaquero (jean) sostenible

- Utiliza denim reciclado y algodón orgánico.
- Producción con ahorro del 80% de agua en procesos de lavado.
- Tinte sin químicos contaminantes.
- Incluye código QR que permite al consumidor conocer el origen de las fibras y la fábrica donde se confeccionó.

Camisa de TENCEL™ Lyocell

- Fibra proveniente de madera de bosques sostenibles.
- Proceso de producción con circuito cerrado de agua y solventes.
- Tejido biodegradable en condiciones industriales.

Resultados obtenidos en diseño y producción circular**Tabla N.º 4**

Indicador	Resultado con Join Life
Consumo de agua	-90% respecto a prenda convencional
Uso de fibras sostenibles	91% en algodón, 100% en lino (2020)
Aumento de prendas circulares	De 9% (2017) a 25% (2020), con meta del 100%
Trazabilidad	Aumento de proveedores auditados y certificados
Calidad/durabilidad	Incremento del número de usos por prenda

Fuente: elaboración propia

Lecciones aprendidas del diseño circular en Join Life

- Diseñar sosteniblemente no implica pérdida de estética o moda: Join Life demuestra que es posible unir sostenibilidad con diseño comercial atractivo.
- El cambio comienza desde la fase conceptual: Toda prenda Join Life es concebida con criterios circulares desde el diseño, no como una adaptación posterior.
- La trazabilidad es fundamental: Conocer el origen de los materiales, las condiciones de trabajo y el destino del residuo permite mejorar la gestión del ciclo de vida.
- El consumidor juega un rol activo: Al ofrecer información clara, Join Life empodera al consumidor para que tome decisiones de compra más conscientes.

Implicancias para el ecosistema textil

- Para diseñadores: Se requiere un cambio de paradigma hacia el “diseño para el desensamblaje”, durabilidad, y trazabilidad.
- Para marcas pequeñas y PYMEs: Es posible adaptar muchas de estas estrategias a menor escala, usando materiales locales y producción responsable.
- Para universidades: El caso Join Life debe incorporarse en los programas de formación en diseño, ingeniería textil y moda sostenible.
- Para reguladores: La experiencia Join Life puede servir de base para definir criterios mínimos de ecodiseño en políticas públicas.

Conclusión del caso Join Life y diseño sostenible

Join Life no es simplemente una línea de ropa, sino un modelo operativo que reconfigura el diseño textil bajo criterios de economía circular. Su aplicación ha permitido a Inditex

avanzar hacia metas ambientales concretas, reducir costos en el largo plazo, y generar valor reputacional y comercial alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Este caso representa un ejemplo realista y replicable para empresas del sector textil que desean iniciar o acelerar su transición hacia modelos más regenerativos, eficientes y éticamente responsables.

Reflexión general sobre los casos

Cada uno de estos casos ilustra un aspecto del enfoque circular aplicado al sector textil. Aunque varían en escala, madurez y contexto, todos comparten características esenciales:

- Visión sistémica.
- Rediseño de procesos.
- Compromiso con la sostenibilidad.
- Participación de múltiples actores.

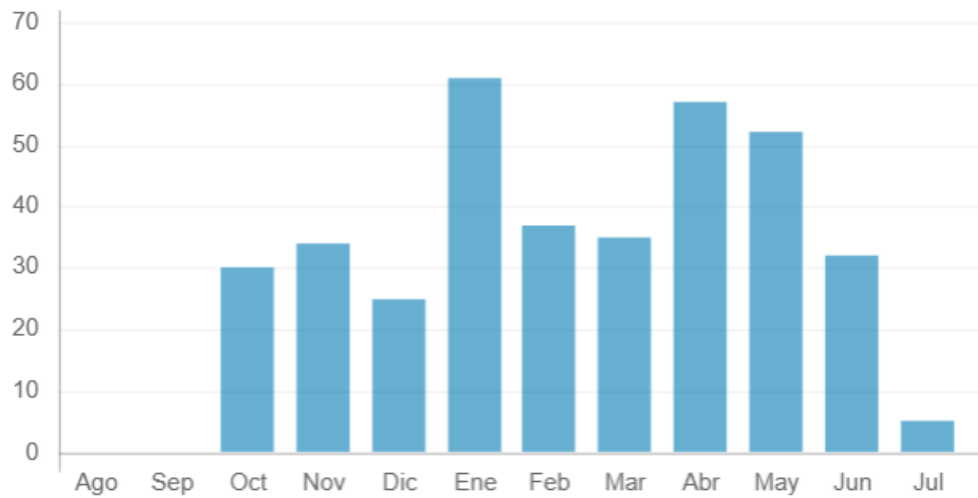
Discusión:

En esta sección se reflexiona acerca de los obstáculos, oportunidades y tendencias que enfrenta la industria textil para adoptar plenamente la economía circular. Se analizan aspectos económicos, tecnológicos, sociales y regulatorios, así como la percepción del consumidor y la influencia de políticas públicas. Se evalúan los beneficios ambientales y de negocio, discutiendo cómo la integración de estrategias circulares puede potenciar la innovación y la competitividad, además de fortalecer el compromiso social y ético del sector.

Caso 7: Responsabilidad social corporativa, criterios ESG y su comunicación en el sector textil español

Ramírez-Barredo, B., Guerrero Gonzalez-Valerio, B. (2024). El presente artículo tiene como objetivo analizar la relación que existe entre la comunicación de las empresas en materia de sostenibilidad y su impacto en el imaginario de los consumidores, con el fin de evaluar en qué medida estas variables están alineadas. El estudio se centra en tres empresas españolas del sector textil: Inditex, Mango y Adolfo Domínguez. Metodología: Con el fin de dar respuesta a los objetivos y suscribir o rechazar las hipótesis de partida, se utiliza una metodología mixta, de corte cualitativo y cuantitativo. Resultados: Las tres empresas analizadas representan ejemplos destacados de cómo las grandes empresas de moda españolas pueden integrar criterios ESG en sus operaciones y cómo estas prácticas son percibidas por los clientes.

Gráfico N.º 1

Descargas

Fuente: Elaboración propia

Discusión:

Su estudio proporciona una base sólida para entender las mejores prácticas y los desafíos en la implementación y comunicación de estrategias sostenibles en la industria textil.

Conclusiones:

Existe una brecha significativa entre las acciones de sostenibilidad de las empresas y la percepción de los consumidores, quienes reciben información muy sesgada, principalmente a través de redes sociales y puntos de venta, en lugar de informes anuales.

Caso 8: Caracterización de los residuos textiles posindustria en Bogotá

Robles-Camargo, J., Hincapié-Corredor, P., Ariza-Murillo, L. (2024). El artículo muestra que de acuerdo con la base de datos RUES de Confecámaras Colombia al 01 de julio de 2021, de las 12.712 empresas activas asociadas a actividades del sector textil como preparación, hilatura, tejeduría y acabados, las microempresas representan el 89,6% del entorno económico, seguido por pequeñas (7,5%), medianas (2,3%) hasta las grandes empresas (0,6%) que cuentan con una fuerza laboral de 1,8 millones de trabajadores. Para el 2021 hubo un incremento del 20,9% en el número de empresas activas respecto al 2020, en el que se registraron 10.512 de estas. En su desagregación por ciudad al 2021 se tiene que en Bogotá se concentra gran parte del tejido productivo con 4.120 empresas, seguido de Antioquía con 2.478 y el Valle del Cauca con 939 empresas.

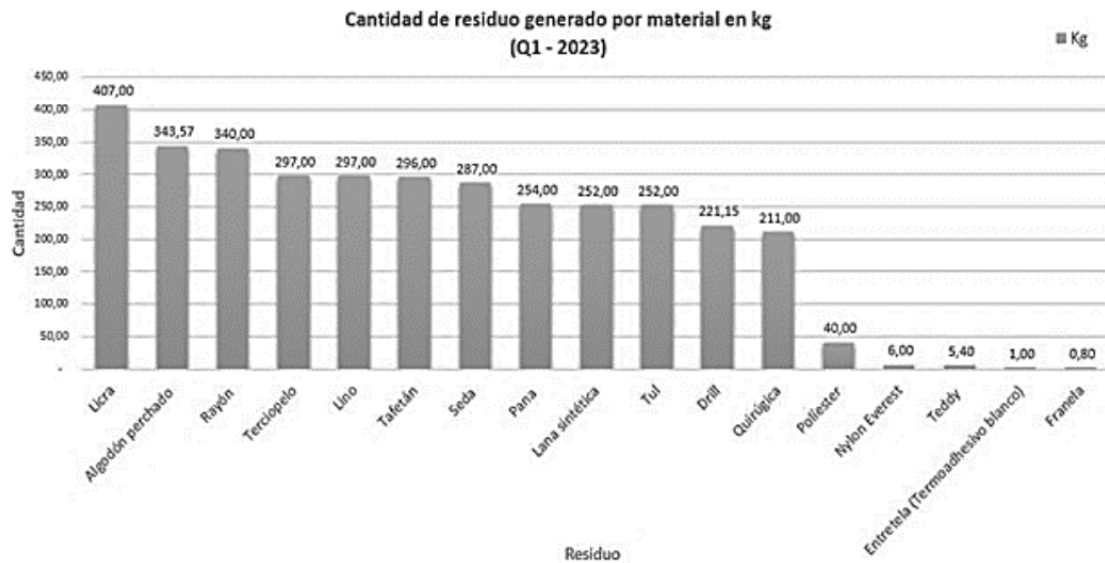
Bogotá habría sido al 2020 la segunda ciudad de Latinoamérica con mayor inversión en moda, ascendiendo a US\$260 millones según el estudio “Sector de la moda” de la EAE Business School, antecedida por Ciudad de México con US\$426 millones.

El consumo en moda al interior del país alcanzó \$27,7 billones en 2021, 21% más que en 2020 y 5% más que en 2019 a partir de datos de Inexmoda. Esto convierte al sector en protagonista de la economía local y en referente de su resistencia a la crisis en época de pandemia. Sobre las exportaciones de textiles y confecciones se presentó un crecimiento acumulado de enero a diciembre de 2021-US\$2.534 millones un 27% más que el mismo período de 2020, razón por la que el presidente de Inexmoda, Carlos Botero se declara entusiasta con las proyecciones de crecimiento económico del sector; la canasta de la moda representó al 2022 un 3,3% del gasto de los hogares, acercándose al 3,6% de la participación prepandemia de enero de 2020, siendo de gran importancia para las exportaciones del país. Por otro lado, la tendencia de consumo de las ventas online señala que el calzado representa el 25% del total de ventas en internet, seguido del textil hogar con 19,3%. Finalmente, el mercado de ropa de segunda mano representa para Bogotá el 40% de las compras de ropa usada, seguido de Medellín con un 23%, Barranquilla con 22%, Cali y Bucaramanga 15% cada una.

Sin embargo, este tan mencionado crecimiento aumenta el impacto ambiental que genera dicha actividad económica, llegándose a disponer más de 147.000 toneladas de textiles en el relleno Sanitario Doña Juana. Por otro lado, las estadísticas de la Fundación Ellen MacArthur publicadas por el Banco Mundial señalan que se necesitan 10.000 litros de agua para la producción de 1 kilo de algodón y 387.000 millones de litros anuales en la producción textil.

De ahí que en la investigación se haya buscado obtener información sobre la generación del residuo textil pre consumo en Bogotá de manera aplicada, entiéndase residuo como el material que se desecha a lo largo del proceso productivo. Se consultaron 45 empresas, de las cuales facilitaron el levantamiento de la data 7, el proceso consistió en visitarlas o agendar reuniones virtuales según disponibilidad, generalmente era el líder del proceso quien tomaba la vocería para guiar el recorrido y describir sus actividades. El 82% de las empresas que se abstuvo de participar en la investigación manifestaba no poder compartir dichos datos por confidencialidad a pesar de ofrecer la firma de un acuerdo para trabajar de manera anónima, no tener tiempo o directamente no tener interés en participar, la colaboración del 18% restante permitió obtener los siguientes resultados.

Gráfico N.º 2



Fuente: elaboración propia

Discusión

Casos de estudio en economía circular

La integración de principios de economía circular en proyectos concretos de valorización de residuos en sectores industrializados revela múltiples dimensiones de impacto y desafíos que deben abordarse para lograr una implementación exitosa y sustentable.

Factibilidad técnica y procesos de valorización

- Transformación y compatibilidad de residuos: El éxito en la incorporación de residuos automotrices y agroindustriales en materiales de construcción depende mucho de procesos de tratamiento y compatibilización. Por ejemplo, en el caso automotriz, residuos plásticos y metales deben pasar por procesos de triturado, tamizado y compatibilización para integrarlos en matrices cementicias o como aditivos en bloques de construcción. La compatibilidad de estos residuos con los materiales tradicionales debe garantizar propiedades estructurales y durabilidad que cumplan con normativas nacionales e internacionales.
- Innovación en procesos de fabricación: Se requiere innovación tecnológica para adaptar procesos industriales tradicionales hacia procesos de economía circular, como reutilización de residuos en producción de bloques con diferentes propiedades térmicas o mecánicas. La utilización de métodos ecológicos, como adhesivos orgánicos o materiales compuestos, favorece la sostenibilidad y aceptación del mercado.

- **Control de calidad y certificación:** Es crucial contar con estándares y sistemas de control de calidad que aseguren la fiabilidad del material producido. La certificación de productos con contenido reciclado, basada en normativas como las que desarrolla ISO/TC 323 49, permite su aceptación en el mercado de la construcción y garantiza resistencia y durabilidad.

Impacto económico y modelos de negocio

- **Costos y beneficios económicos:** La recuperación y valorización de residuos generan costos asociados a la recolección, transporte, tratamiento y procesamiento. Sin embargo, estos costos pueden ser compensados por los beneficios de reducción en uso de materias primas tradicionales, disminución en gastos de disposición final y la creación de nuevos mercados.
- **Oportunidades de negocio y cadenas de valor:** Transformar residuos en insumos para construcción abre oportunidades comerciales en industrias especializadas en reciclaje y fabricación de productos sustentables. Formar alianzas entre sectores automotriz, agrícola y construcción potencializa la creación de cadenas de suministro que fomenten la economía circular.
- **Incentivos y políticas públicas:** El apoyo de políticas nacionales, como la Estrategia Nacional de Economía Circular en Colombia 50, y normativas específicas, son fundamentales para crear un ambiente favorable, ofrecer incentivos fiscales y promover la innovación tecnológica.

Dimensiones sociales y ambientales

- **Reducción de residuos y gestión ambiental:** Los casos demuestran que el tratamiento de residuos automotrices y agroindustriales reduce la carga en vertederos, disminuye emisiones de gases y evita contaminación de suelos y aguas, alineándose con objetivos de protección ambiental y cumplimiento de normativas.
- **Inclusión social y generación de empleo:** Estas estrategias fomentan la creación de empleos verdes y promueven la participación de comunidades locales en actividades de recolección, procesamiento y comercialización de residuos valorizados, fortaleciendo el desarrollo social.
- **Aceptación comunitaria y percepción social:** Es esencial promover campañas de sensibilización para aceptar materiales con contenido reciclado en construcción, garantizando que la percepción social sea favorable, y reducir posibles rechazos por parte de usuarios finales.

Desafíos y riesgos

- Limitaciones regulatorias y estándares: La ausencia de normativas específicas que regulen los materiales reciclados en construcción puede retrasar su adopción. La actualización y creación de estándares es clave para garantizar la calidad y seguridad del producto final.
- Vulnerabilidad a fluctuaciones del mercado: Los precios de las materias primas tradicionales fluctúan y afectan la rentabilidad de productos reciclados. La dependencia de subsidios o incentivos también puede generar vulnerabilidad en los modelos de negocio.
- Resistencia al cambio en la industria tradicional: La adopción de residuos reciclados implica cambios en procesos y paradigmas industriales, enfrentando resistencias internas y culturales.

Perspectivas futuras y tendencias

- Innovación tecnológica y biotecnología: Avances en técnicas de tratamiento y biotecnología permitirán mejorar la calidad y eficiencia de la valorización de residuos. Ejemplo, el uso de bacterias para bioconcreto o para tratar fibras vegetales.
- Normas internacionales y certificaciones: El desarrollo de directrices a nivel global, como las normas ISO/TC 323 49, facilitará la homologación y el reconocimiento internacional de materiales reciclados, promoviendo su integración en proyectos transnacionales.
- Integración en políticas de desarrollo sostenible: Las experiencias de estos casos aportan información valiosa para que políticas públicas integren acciones concretas de valorización de residuos, promoviendo objetivos de la Agenda 2030 y los compromisos internacionales en cambio climático y sostenibilidad.

La economía circular ha sido ampliamente promovida como una solución clave para enfrentar los desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI. En el caso de la industria textil, su aplicación representa tanto una necesidad ineludible como una oportunidad estratégica. Sin embargo, la transición del modelo lineal al circular en este sector no está exenta de contradicciones, tensiones y barreras estructurales que deben ser abordadas con realismo y visión integral.

De la teoría a la práctica: tensiones y brechas

A pesar de la riqueza conceptual de la economía circular —basada en principios como el ecodiseño, la valorización de residuos, la prolongación del ciclo de vida útil de los productos, y la regeneración de sistemas naturales—, su aplicación práctica en el sector textil enfrenta múltiples desafíos:

- **Persistencia del modelo fast fashion:** El modelo de negocio dominante en la industria textil promueve el consumo rápido, la obsolescencia estilística acelerada y ciclos de vida cortos, lo que es antagónico al principio de circularidad. Las marcas que se autodenominan “circulares” muchas veces mantienen prácticas extractivistas y contaminantes, lo cual genera un fenómeno de “greenwashing”.
- **Falta de capacidades técnicas e infraestructura:** En América Latina y otras regiones en desarrollo, no existen aún cadenas logísticas circulares maduras, centros de clasificación adecuados ni plantas de reciclaje textil a escala industrial. Esto limita la efectividad de muchas iniciativas y las deja en una escala artesanal o experimental.
- **Desigualdad de acceso a tecnologías y conocimiento:** Las empresas pequeñas y medianas (pymes), que representan gran parte del ecosistema textil regional, carecen de financiamiento, asistencia técnica y capacitación para rediseñar procesos, incorporar materiales sostenibles o innovar en modelos de negocio circulares.

Contradicciones estructurales y barreras culturales

Uno de los principales obstáculos identificados en los casos estudiados es de tipo cultural y organizacional. A pesar de que existen consumidores más conscientes, el hábito dominante sigue siendo el consumo masivo, barato y desechable, alentado por campañas de marketing agresivas.

- Muchos consumidores aún valoran el precio por encima de la durabilidad.
- El mercado laboral informal impide procesos de trazabilidad y cumplimiento ambiental.
- En varios países, el reciclaje textil no está normado o se encuentra fuera del radar de políticas públicas.

Estas realidades evidencian que la economía circular no puede implementarse únicamente desde las empresas, sino que requiere un cambio cultural y sistémico que incluya al Estado, los consumidores, la academia y los medios de comunicación.

Emergencia de nuevas oportunidades y sinergias

A pesar de estas barreras, los casos analizados también demuestran que la economía circular abre nuevas oportunidades para repensar el modelo económico textil, entre ellas:

- **Innovación en diseño:** El ecodiseño de prendas facilita la reparación, el desmontaje y el reciclaje. Marcas emergentes están demostrando que es posible crear valor desde los residuos, y que la estética no está reñida con la sostenibilidad.
- **Modelos de negocio circulares:** Alquiler de ropa, plataformas de segunda mano, personalización de prendas y economía colaborativa son nuevas formas de generar ingresos sin necesidad de aumentar la producción. Estas estrategias reducen la presión ambiental y generan mayor fidelización del cliente.
- **Economía inclusiva y empleo verde:** La reutilización de textiles, la reparación de prendas y la revalorización de residuos abren oportunidades de empleo para sectores tradicionalmente excluidos, como mujeres en situación de vulnerabilidad o comunidades rurales.
- **Articulación de actores:** Alianzas entre academia, gobiernos locales, ONGs y empresas permiten escalar proyectos de economía circular que nacen como iniciativas locales o barriales. El trabajo en red y la transferencia de conocimiento son claves.

Sistematización de aprendizajes

La comparación entre iniciativas europeas y latinoamericanas permite identificar factores habilitantes comunes en los casos exitosos:

- Apoyo institucional o normativo claro.
- Acceso a información técnica y mercados sostenibles.
- Participación activa de los consumidores.
- Procesos de formación continua.
- Diseño de indicadores de circularidad y medición de impacto.

Al mismo tiempo, se evidencia que no hay una única forma de aplicar la economía circular, sino que esta debe adaptarse al contexto socioterritorial, los materiales disponibles, los saberes locales y las capacidades productivas del entorno.

Rol de la política pública

Un elemento transversal en la discusión es el rol estratégico del Estado como regulador, financiador y educador. En la mayoría de los casos analizados, la ausencia de marcos legales específicos o de incentivos económicos limita el crecimiento de iniciativas circulares.

- Se requiere avanzar hacia normas técnicas específicas para reciclaje textil, estándares de ecodiseño y exigencias de etiquetado sostenible.
- Es fundamental promover la responsabilidad extendida del productor (REP) en el sector textil, tal como ocurre en sectores como baterías o electrodomésticos.
- Se deben establecer programas públicos de compra sostenible, donde el Estado consuma productos circulares para dar el ejemplo y abrir mercados.

Conclusión de la discusión

La economía circular en la industria textil no es una utopía ni una imposición externa, sino una vía de transformación urgente y estratégica. Aunque los desafíos son reales y profundos, los casos analizados muestran que es posible avanzar de manera progresiva, creativa y adaptativa. Pero este camino exige decisión, colaboración y visión de largo plazo.

Conclusiones

Se sintetizan los hallazgos más importantes del libro, destacando la viabilidad y los beneficios de integrar la economía circular en la industria textil. También se plantean las principales reflexiones sobre cómo los diferentes actores pueden colaborar para acelerar estos procesos, y se subraya el papel crucial de la innovación, la formación y la normativa en el avance hacia modelos sostenibles.

La discusión revela que los casos de estudio en economía circular en residuos automotrices y agroindustriales en el sector de construcción son ejemplos integradores que conjugan innovación tecnológica, sustentabilidad ambiental, desarrollo económico y bienestar social. Sin embargo, su éxito depende de una gestión coordinada entre actores públicos, privados y comunidad, así como de un marco normativo robusto y adaptable, que afiance la confianza y aceptación del mercado.

Este análisis también resalta que la transición hacia una economía circular en la construcción requiere que estos procesos sean escalables, replicables y sustentables en el tiempo, contribuyendo así a la mitigación del impacto ambiental y a la generación de valor en la economía regional y nacional.

Las conclusiones del documento reflejan la importancia y la aplicación de la ingeniería y economía circular en diferentes ámbitos, especialmente en sectores como la construcción,

la automotriz y la agroindustrial, considerando que estos sectores son altamente consumidores de recursos y generadores de residuos. A continuación, se presenta un análisis detallado de las principales conclusiones extraídas del texto:

- La economía circular surge como una respuesta efectiva a los problemas de sostenibilidad ambiental, promoviendo ciclos cerrados de materiales y recursos, con el fin de reducir el impacto ecológico de los procesos productivos 116 116.
- La implementación de estrategias de economía circular en diversos sectores ha demostrado ser exitosa para optimizar el uso de recursos, reducir residuos y promover modelos de negocio sostenibles, lo cual contribuye a la conservación del medio ambiente y a la inclusión social 116 55.
- La integración de conceptos de economía circular en la formación académica de ingeniería es fundamental para preparar profesionales capaces de diseñar y gestionar procesos productivos sostenibles, alineados con las tendencias globales y las normativas nacionales e internacionales 116 112.
- En el contexto colombiano, el país ha avanzado en la formulación y adopción de políticas, estrategias y marcos normativos que promueven la economía circular como parte del desarrollo sostenible, incluyendo la gestión integral de residuos sólidos y la incorporación de las 9 R (rethink, reduce, reuse, repair, restore, remanufacture, redesign, recycle, recover) 50.
- La normalización y certificación, a través de normas como la BS 8001 y otras guías internacionales, facilitan la medición, control y mejora continua de las prácticas de economía circular en las empresas, proporcionando un marco de referencia para alinear sus procesos con los objetivos de sostenibilidad 48 47.
- La evaluación de casos de estudio en materiales de construcción, así como en residuos provenientes de sectores automotriz y agroindustrial, muestra que la valorización de residuos y la responsabilidad extendida son estrategias viables para cerrar ciclos de materiales y promover la recuperación de valor en los procesos productivos 55.
- La tendencia actual, incluyendo las recientes crisis globales como la pandemia de COVID-19, ha evidenciado la necesidad de sistemas económicos más resilientes y sostenibles, en los cuales la economía circular puede jugar un papel crucial en la diversificación de materias primas y en la gestión eficiente de los recursos 116.
- La medición de impacto y la aplicación de indicadores precisos son esenciales para evaluar los logros en sostenibilidad y para orientar las decisiones empresariales hacia prácticas más responsables y circulares. La adopción de normativas y estándares adecuados facilita este proceso 112 107.
- En síntesis, las conclusiones del documento enfatizan que la transición hacia modelos económicos circulares representa una oportunidad concreta para

mejorar la sostenibilidad de los procesos productivos, reducir la huella ecológica, potenciar la innovación y fortalecer la inclusión social. La formación, la regulación, el uso de normas internacionales y la valoración de casos reales son elementos clave para avanzar en esta dirección, especialmente en países como Colombia, donde el marco normativo está en desarrollo y existen fundamentos sólidos para su promoción 116 50.

Recomendaciones:

Se ofrecen sugerencias prácticas para actores del sector: empresas, gobiernos, instituciones académicas y consumidores. Entre ellas, la importancia de adoptar tecnologías limpias, fortalecer las políticas públicas de apoyo, promover la investigación y el desarrollo, impulsar la sensibilización de los consumidores y facilitar alianzas estratégicas que aseguren una transición efectiva hacia una economía circular en la industria textil.

- Fomentar la inclusión de la economía circular en los currículos académicos y en la formación de ingenieros y profesionales relacionados. Es fundamental que las universidades y centros de educación superior integren en sus programas académicos conceptos, principios y estrategias de economía circular. Esto permitirá formar profesionales con competencias orientadas a diseñar procesos sostenibles, promover la innovación en el uso de recursos y gestionar residuos de manera eficiente, adaptándose a las tendencias globales de sostenibilidad 116 112.
- Desarrollar e implementar políticas nacionales e internacionales que respalden la economía circular. Los gobiernos deben promover marcos regulatorios y normativos que incentiven prácticas circulares, estableciendo lineamientos claros y metas concretas. La actualización y fortalecimiento de leyes, como el ejemplo de Colombia con su Estrategia Nacional de Economía Circular y la gestión de residuos sólidos, son pasos cruciales. Además, es recomendable promover alianzas público-privadas que favorezcan la inversión en tecnologías sostenibles y la innovación 51 50.
- Adoptar estándares y normas internacionales para la medición, control y certificación de prácticas circulares. El uso de normativas como la BS 8001 u otras guías internacionales proporciona un marco de referencia para cuantificar y verificar avances en economía circular. La normalización ayuda a garantizar la calidad y sostenibilidad en los procesos, además de facilitar el reconocimiento y la comparación de buenas prácticas a nivel global 48.
- Fomentar la investigación y los estudios de casos aplicados en materiales de construcción y otros sectores. Es importante continuar generando conocimiento a través de estudios de casos exitosos donde se haya valorizado residuos, como los provenientes de la industria automotriz y agroindustrial.

La investigación contribuye a identificar nuevas oportunidades, optimizar procesos y validar la viabilidad técnica y económica de soluciones circulares específicas 55.

- Impulsar la innovación tecnológica y la recuperación de recursos en los procesos productivos. Es necesario desarrollar tecnologías de punta que permitan cerrar los ciclos de materiales, incrementar la recuperación de nutrientes y facilitar la reutilización de residuos. La innovación en materiales de construcción, por ejemplo, puede incluir el empleo de residuos reciclados o sustitutos sostenibles, reduciendo el uso de recursos vírgenes 116 107.
- Promover campañas de sensibilización y educación dirigidas a todos los actores de la cadena de valor Concientizar a consumidores, empresas y ciudadanos sobre los beneficios y las responsabilidades vinculadas a la economía circular generando un cambio cultural que favorece prácticas sostenibles. La información y la sensibilización son clave para crear una demanda de productos y servicios ecológicos y facilitar la adopción de modelos circulares 116.
- Implementar sistemas de medición de impacto y evaluación continua para gestionar eficientemente las acciones y verificar los avances, es recomendable diseñar e implementar indicadores que midan aspectos económicos, sociales y ambientales relacionados con la economía circular. La evaluación constante permite ajustar las estrategias y garantizar el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad 112 111.
- Fomentar la colaboración entre sector público, privado y academia. Dado que la transición hacia la economía circular requiere esfuerzos conjuntos, se recomienda promover espacios de diálogo, alianzas estratégicas y proyectos colaborativos que integren diferentes actores. Esto facilita la transferencia de conocimientos, recursos y tecnologías, acelerando la implementación de soluciones sostenibles 50.
- Priorizar la valorización de residuos y la gestión eficiente de recursos en procesos industriales Es esencial impulsar procesos que permitan transformar residuos en materias primas secundarias, reducir la generación de residuos y promover modelos de producción y consumo responsables. La valorización, tanto en la gestión de residuos como en la recuperación de nutrientes, ayuda a reducir la extracción de recursos naturales y mitiga el impacto ambiental 107.
- Incentivar el financiamiento y apoyo técnico a proyectos innovadores en economía circular. La disponibilidad de financiamiento, subsidios o incentivos fiscales facilita el desarrollo de proyectos piloto y experimentales en diferentes sectores. La inversión en soluciones circulares contribuye a la sostenibilidad empresarial y a la rentabilidad a largo plazo, creando un ecosistema favorable para la innovación 116.

- En resumen, las recomendaciones apuntan a una estrategia integral que involucre educación, regulación, tecnología, investigación, sensibilización y colaboración. La adopción efectiva de estas acciones permitirá avanzar hacia procesos productivos sostenibles, resilientes y responsables con el medio ambiente, alineados con las metas internacionales y las realidades locales, especialmente en países como Colombia, que aún trabajan en la consolidación de su marco normativo y políticas específicas para la economía circular 116 51.

La transición hacia una economía circular en el sector textil requiere acciones estratégicas, articuladas y progresivas por parte de todos los actores de la sociedad. A partir de los hallazgos teóricos, los casos de estudio y la discusión desarrollada en este libro, se presentan a continuación recomendaciones estructuradas según los principales agentes involucrados.

Para las empresas del sector textil

Adoptar el ecodiseño como estándar de innovación

Incorporar criterios de circularidad desde la etapa de diseño del producto: uso de materiales monocomponentes, facilidad de desmontaje, larga durabilidad, biodegradabilidad o reciclabilidad. Esto debe formar parte de la cultura de innovación.

Implementar modelos de negocio circulares

Fomentar nuevas formas de generar valor como:

- Alquiler de prendas.
- Venta de ropa usada certificada.
- Reacondicionamiento o upcycling de productos devueltos.
- Plataformas de intercambio o reventa entre usuarios.

Integrar la trazabilidad y transparencia en la cadena de valor

Desde la producción de fibras hasta el punto de venta, es necesario contar con sistemas que permitan rastrear el origen, proceso y destino de cada prenda. El uso de tecnologías como blockchain o QR ecológico puede ayudar a este propósito.

Capacitar al personal en economía circular

Formar a los trabajadores, supervisores y diseñadores en prácticas circulares, sostenibilidad, seguridad y tecnologías limpias.

Implementar logística inversa y recuperación postconsumo

Establecer puntos de acopio, campañas de devolución de prendas usadas y alianzas con recicladores o talleres de reparación.

Para el Estado y los gobiernos locales

Promulgar marcos normativos específicos para el sector textil circular

Legislar sobre:

- Ecodiseño obligatorio.
- Normas técnicas de reciclaje textil.
- Regulación del comercio de ropa usada.
- Certificación y etiquetado ambiental.

Implementar esquemas de responsabilidad extendida del productor (REP)

Obligar a las empresas a asumir la gestión postconsumo de sus productos textiles y financiar su recolección, clasificación y tratamiento.

Crear incentivos financieros y fiscales

Subvenciones, créditos verdes, compras públicas sostenibles y exoneraciones tributarias a empresas circulares pueden dinamizar la transformación del sector.

Invertir en infraestructura de economía circular

Construcción y gestión de centros de acopio, plantas de reciclaje textil, centros de reparación y hubs de innovación sostenible.

Sensibilizar a la ciudadanía mediante campañas nacionales

Desarrollar campañas masivas de educación ambiental textil, fomentando el consumo responsable y la reducción de residuos.

Para los consumidores

Adoptar hábitos de consumo responsables

Elegir prendas duraderas, producidas éticamente, con bajo impacto ambiental. Preferir reparar o modificar antes que desechar.

Rechazar el fast fashion y el uso innecesario de prendas

Reducir la frecuencia de compra impulsiva. Evaluar la necesidad real de cada adquisición.

Participar en redes de intercambio o reciclaje

Sumarse a plataformas comunitarias o iniciativas locales que promuevan la reutilización o el trueque de ropa.

Informarse y exigir transparencia

Solicitar a las marcas información sobre el origen de los materiales, condiciones laborales y estrategias de circularidad.

Para la academia e instituciones educativas

Incluir la economía circular en los planes de estudio

Incorporar contenidos de ecodiseño, sostenibilidad, innovación y modelos de negocio circulares en carreras como ingeniería textil, diseño de modas, administración, marketing y educación ambiental.

Promover la investigación aplicada

Financiar proyectos de investigación sobre reciclaje textil, nuevos materiales sostenibles, tecnologías limpias, residuos valorizables y percepción del consumidor.

Establecer alianzas con la industria y el Estado

Desarrollar proyectos conjuntos, programas de pasantías, innovación abierta y laboratorios vivos (*living labs*).

Para la cooperación internacional y organismos multilaterales

Financiar la transición hacia la circularidad en países emergentes

A través de fondos verdes, asistencia técnica, cooperación sur-sur y programas de fortalecimiento de capacidades.

Facilitar transferencia tecnológica y buenas prácticas

Impulsar plataformas de intercambio de experiencias prósperas y casos de éxito a nivel mundial, con énfasis en escalabilidad y replicabilidad en territorios del sur global.

Apoyar marcos regulatorios armonizados

Promover acuerdos regionales y normas técnicas comunes para facilitar el comercio justo, la certificación ambiental y la gestión transfronteriza de residuos textiles.

Recomendaciones transversales

- Fomentar una cultura de sostenibilidad desde la infancia.
- Promover indicadores de circularidad e inclusión en los sistemas de evaluación del desempeño empresarial.
- Garantizar que las soluciones circulares también sean **socialmente justas**, evitando la exclusión de sectores vulnerables.
- Aplicar un enfoque territorial: la circularidad debe adaptarse a las realidades locales, aprovechando recursos, capacidades y saberes propios de cada comunidad.

Referencias

- Cortés García, F. J. (2020). *La Economía Circular: Ideas claves para la comprensión de un nuevo modelo de gestión de los recursos económicos*. Universidad Autónoma de Chile. ISBN digital: 978-956-8454-70-8.
- Fundación Ellen MacArthur. (2012). *Towards the Circular Economy*.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*.
- Stahel, W. (2010). *The Performance Economy*.
- Benyus, J. (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*.
- Ramírez Barredo, B., & Guerrero González-Valerio, B. (2024). Responsabilidad social corporativa, criterios ESG y su comunicación en el sector textil español. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–20. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-897>.
- Robles-Camargo, J., Hincapié-Corredor, P., Ariza-Murillo, L. (2024). Caracterización de los residuos textiles posindustria en Bogotá. *Revista DYNA*, 91(232), pp. 166-171, April - June, 2024, ISSN 0012-7353 DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v91n232.112205>
- Sánchez Molina, J., Díaz García, J. I., & Sánchez Zúga, J. V. (2022). *Ingeniería y economía circular: combinación exitosa para la sostenibilidad (1ª ed.)*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones

Sobre los autores

Mg. Manuel Enrique Gonzales Aparicio



Ingeniero industrial, MBA internacional y magíster en Dirección de empresas industriales y de servicios. Actualmente cursa estudios doctorales en ingeniería industrial y es candidato a doctor en administración de negocios. Cuenta con especializaciones en gestión pública, finanzas y supply chain management, además de certificación profesional en contrataciones del Estado. Posee más de veinte años de experiencia en dirección de operaciones, logística y cadena de suministro en los sectores industrial, alimentario y público. Ha ocupado cargos ejecutivos liderando proyectos de optimización productiva, implementación de lean manufacturing y lean 4.0, control de costos, aseguramiento sanitario y cumplimiento normativo en plantas de procesamiento de alimentos, integrando herramientas de mejora continua con tecnologías digitales para fortalecer la eficiencia operativa, la trazabilidad y la competitividad empresarial. Se desempeña como docente universitario en programas de pregrado y posgrado en gestión de procesos, logística e innovación, además de asesorar tesis en ingeniería y administración. Es autor de artículos científicos y capítulos de libro publicados en editoriales académicas con revisión por pares. Sus líneas de investigación se centran en manufactura esbelta, transformación digital, clima organizacional, eficiencia productiva y sostenibilidad en sistemas industriales complejos, con énfasis en la modernización de la industria alimentaria latinoamericana.

Mg. Ing. Betsy Katherine Cambindo Quiñónez



Ingeniera industrial de profesión, con maestría en Sistemas de Gestión de la Calidad con mención en Sistemas Integrados por la Universidad Indoamérica del Ecuador – sede Quito. Experta auditora en sistemas integrados de gestión alineados a las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Actualmente cursando el sexto ciclo del doctorado en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Docente con cuatro años de experiencia en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas, participando en la formación académica de futuros profesionales del área técnica e industrial. Imparte las asignaturas de Gestión de Mantenimiento, Física II y Metodología de la Investigación (UIC).

Mg. Jessica Gisell Valdivia Cuentas



Doctorando en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Magister en Dirección de empresas en la Universidad ESAN e ingeniera industrial de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Fue directora de la Escuela de Ingeniería Industrial (2020-2023) en la Universidad Católica San Pablo y en la actualidad se viene desempeñando como docente a tiempo completo y dictando cursos relacionados a Gestión y Procesos. Líder del foco de Internacionalización en el Departamento de Ingenierías de la Industria y el

Ambiente, forma parte del comité de calidad de la Escuela de Ingeniería Industrial de dicha universidad, además de poseer una gran experiencia en trabajo de acreditación modelo ICACIT y ABET. Cinética y diseño de reactores y tratamiento de aguas.

Mg. Ing. Domingo Hussein Pacheco Alvaro



Auditor MINTRA | CIP 196890 | Especialista en sistemas de gestión, seguridad y salud en el trabajo y sostenibilidad. Profesional con más de 16 años de experiencia en sectores estratégicos como minería, petróleo, construcción, manufactura y educación superior. Especialista en sistemas integrados de gestión, mejora continua, sostenibilidad, lean six sigma y seguridad ocupacional, con una sólida trayectoria en auditorías legales, implementación de normas internacionales (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 37001, BASC,

GRS) y gestión por procesos. Ha liderado proyectos de certificación, optimización operativa y reducción de impactos ambientales, integrando herramientas estadísticas y enfoques de economía circular.

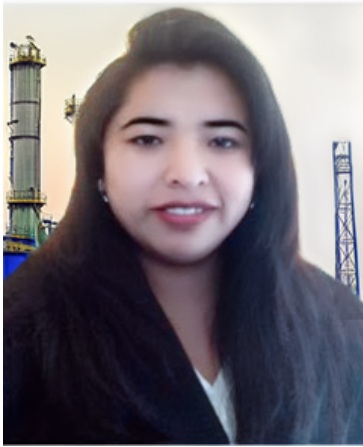
Mg. Ing. Nancy Elizabeth Barreda de Miranda



Ingeniera química de FQIQ-UNMSM. Profesional con 20 años de experiencia en la industria textil exportadora, como jefa de laboratorio textil y de planta de tintorería. Docente investigadora (cátedra) de la EPITC-FII-UNMSM. Docente de maestría en la FII-UNMSM. Con estudios de doctorado en Ingeniería industrial en FII-UNMSM. Coordinadora de laboratorio de fibrología y procesos textiles de EPITC.

Ha realizado pasantías en la Universidad de Texas USA 2009, Universidad Carolina del Norte al College de Textiles, USA 2009, Universidad Sao Paulo, Brasil 2017 y Universidad Bolivariana Medellín Colombia.

Mg. Ing. Nohemy Miriam Canahua Apaza



Ingeniera industrial por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas - UPC, con grado de magíster en Ingeniería Industrial concedido por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM Con más de 12 años de experiencia en rubros tales como: Diseño de programas de actividades de fiscalización en el sector público. reingeniería de procesos y diseño de manuales de organización de funciones para empresas financieras; planeamiento y análisis de actividades en organizaciones de mantenimiento para empresas mineras; organización y administración de actividades logísticas para el sector privado. Experiencia en el planeamiento, diseño e implementación de programas de actividades para obtener certificaciones ISO 14001 y OHSAS 18001. Actualmente cursa estudios de doctorado en Ingeniería Industrial, se desempeña como catedrática universitaria en programas de pregrado en gestión de la innovación, logística, procesos, cadena de suministros, gestión de proyectos, asesora de tesis en ingeniería y grupos de investigación, autora de artículos científicos publicados en revistas indexadas en Scopus y SciELO

Mg. Ing. Mickey Elvis Ayrampo Espinoza



Gerente general del Instituto de Innovación en Gestión Estratégica y Sostenible S.A.C. evaluador del Premio Nacional a la Calidad, y de 5S Kaizen; auditor SST por el MTPE (RD N° 73-2018) y auditor ISO. Ha sido gerente de control de calidad, jefe de seguridad e higiene ocupacional, física patrimonial, ambiental, aseguramiento de calidad, sistema integrado de gestión y optimización; con más de 25 años de experiencia en los sectores industrial y servicios de: agua potable y alcantarillado, textil, construcción modular, agro industrial, azucarero, pesquero, plásticos, metal mecánica, servicios, educación, minero, energía, security y laboratorio. Doctorando en ingeniería industrial [UNMSM]; magíster en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente [UNMSM]. Ingeniero industrial colegiado [UNAC]. Diplomado en Prevención de Riesgos Laborales y Diseño Organizacional (ESAN) Becado en la especialización de “The Program on Quality Management” [AOTS] Japón 2006. y “The Training Course on Practical Solution of Quality Related Problems” [AOTS] Japón 2004. realizando visitas técnicas de estudio en TOYOTA; KOKUSAN DENKI; SUMITOMO; GC FUJI OYAMA FACTORY, DAINIPPON; SHARP ELECTRIC; KOMATSU. Estudios y conferencista en QHSE en Italia, Brasil, México, España, Colombia, Chile, Ecuador y Cuba. Visitó la empresa FPT Industrial en Turín Italia: Motores para vehículos industriales. Docente de pre y posgrado en universidades. asesor y jurado de tesis de maestrías en la UNI Escuela de Ingeniería Ambiental.

Mg. Ing. Edgar Jara Acosta



Ingeniero industrial y magíster en Administración de Negocios (MBA) por la Pontificia Universidad Católica del Perú, candidato a doctor en ingeniería industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Cuenta con especializaciones en Dirección de Marketing por la Universidad del Pacífico, en Habilidades Directivas por la Universidad Complutense de Madrid (España) y en Calidad y Evaluación Universitaria por la Universidad Internacional de La Rioja. Profesional con amplia trayectoria en el ámbito industrial, empresarial y académico. En el sector empresarial, ha desempeñado funciones en organizaciones como

Embotelladora Latinoamericana S.A. - Coca Cola y Confiperú S.A. perteneciente al Grupo Confiteca. En el ámbito académico, ha ejercido como docente universitario en la PUCP, UPN, Continental, además de haber ocupado cargos directivos en diversas universidades (Universidad Privada del Norte, Universidad Tecnológica del Perú, Universidad Peruana Cayetano Heredia y Universidad Continental) con responsabilidades de diseño, implementación curricular y gestión estratégica universitaria.

Mg. Ing. Karenth Elena Ramírez Alvarez



Ingeniero químico de profesión, con maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de la Pontificia Universidad Católica Argentina – sede Rosario, cursando el 6to ciclo del doctorado en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Docente con 9 años de experiencia en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana -UNAP, en el departamento académico de ingeniería química. Docente de los cursos de Ingeniería en Gestión Industrial, Cinética y Diseño de Reactores y Tratamiento de aguas.

DIBUJO Y ARTE DE LA PORTADA : *MARIELLA SOLEDAD VILLAVICENCIO QUIÑONES*
DISEÑO DE PORTADA: *CARLOS ALBERTO VEGA VIDAL*

ISBN: 978-612-03-3327-3

