

Diseño circular: Implementar y medir

Muchos progreso en el desarrollo indicadores

2023 (2018)



Circular Economy Monitoring Framework

Tasa de reciclaje = $(\text{Residuos reciclados} / \text{Residuos totales}) \times 100\%$

Productividad de recursos = $\text{PIB} / \text{Toneladas de materiales usados}$

2020



OECD Resource Productivity & Circular Economy Indicators

Productividad de recursos = $\text{PIB} / \text{Consumo material interno (DMC)}$

Huella material per cápita

2019



UNEP / International Resource Panel (IRP)

Material footprint = Recursos extraídos globalmente para consumo nacional (ton/per cápita)

Domestic Material Consumption (DMC)

2020-2024



ISO 59000 Series

Estándares de principios y métricas aún en borrador, incluirán indicadores de circularidad organizacional y de productos

Muchos progreso en el desarrollo indicadores

2021 (2020)



WBCSD Circular Transition Indicators (CTI)

Circularidad = $(\text{Masa de materiales reciclados} / \text{Masa total de materiales usados}) \times 100\%$

Uso circular del agua = $\text{Volumen agua reusada} / \text{Volumen total consumido}$

2015



EMF Material Circularity Indicator (MCI)

MCI combina: % material reciclado + vida útil ajustada ÷ entrada de material virgen.
Valores entre 0 (lineal) y 1 (circular).

2020



EMF Circulytics

Evaluación cualitativa y cuantitativa:

- Enablers: estrategia, innovación, diseño, gobernanza.
- Outcomes: % materiales reciclados, % energía renovable, emisiones.

...y más



en desarrollo

Lo que se mide cuando se mide la economía circular

✓ Materiales



✓ % reciclados



✗ Vida útil



✗ Reparabilidad



✗ Recursos (CO2, uso de suelo)



✗ Ambientes de innovación y responsabilidad



Indicadores LATAM

Colombia



CONPES 4011 – Política de Economía Circular

% reciclaje materiales prioritarios

Productividad de recursos nacionales (PIB / DMC)

Mexico



INEGI – Estadísticas de Economía Circular

Basado en Cuentas Ambientales: flujos materiales, residuos valorizados, agua reusada

Chile



Hoja de Ruta Economía Circular 2040

Reciclaje de residuos municipales = $(\text{Ton reciclados} / \text{Ton generados}) \times 100\%$

Tasa de valorización industrial

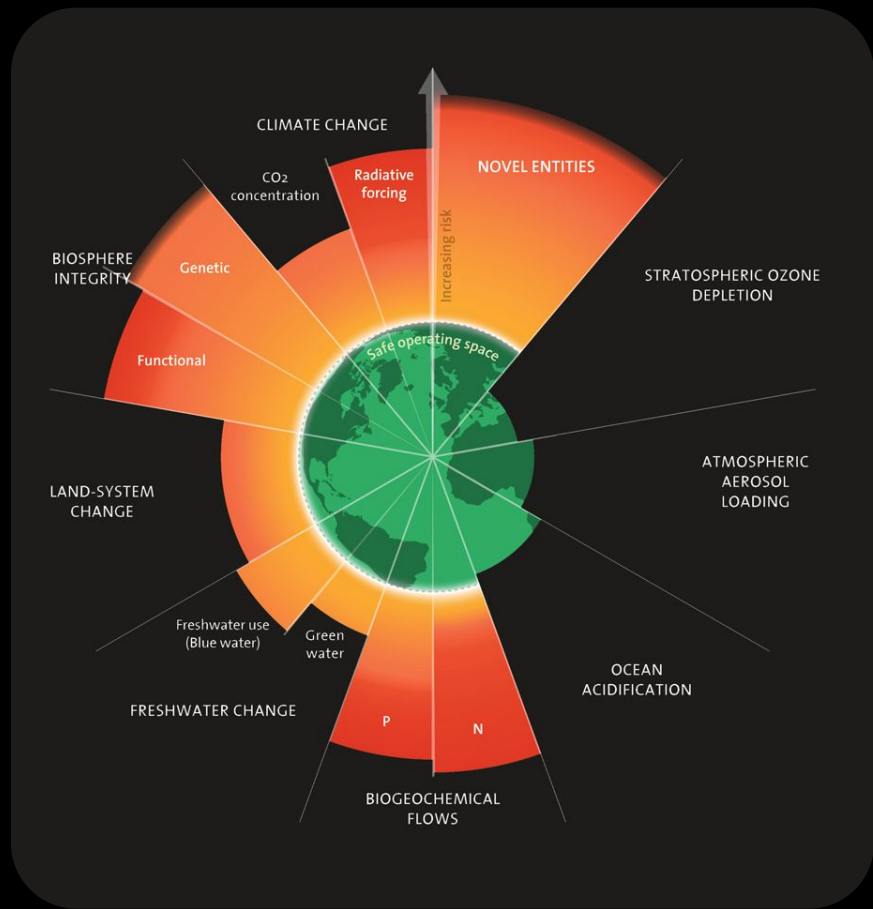
Brasil



Planes sectoriales (plásticos y construcción)

Tasa de reciclaje plásticos

% reuso materiales construcción



La economía circular es el medio para un fin...

El fin es conservar al planeta **dentro de los nueve límites planetario seguros** para la vida en la Tierra.

Implicaciones de una decisión circular en una compañía

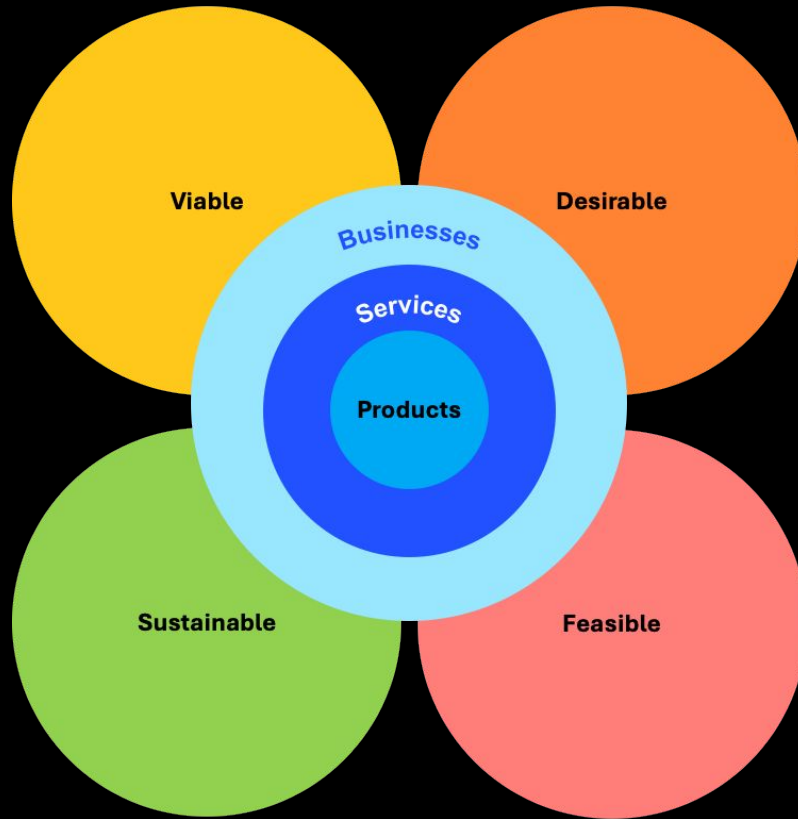
Trade-offs

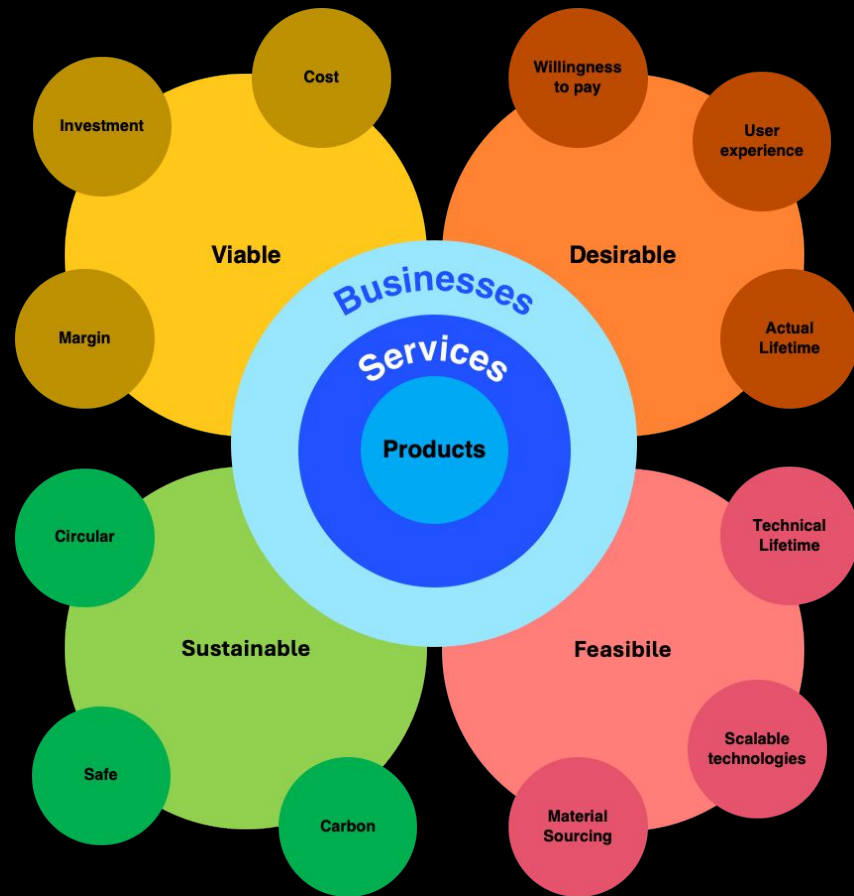
Apoyo interno

Presiones
externas

Caso de
negocio

Es importante
alinearnos para una
implementación
exitosa







Indices

Recursos recirculados

$$\frac{\text{Virgin resources}}{\text{Total resources}}$$

Ciclos abiertos o cerrados

Materiales
Energía
Agua
Uso de suelo
Mano de obra

Eficiencia de recursos

$$\frac{\text{Total resources}}{\text{Product}}$$

Rediseño
Eficiencia
Productividad

Modelos de negocio circulares

$$\frac{\text{Useful service}}{\text{Product}}$$

Vida útil
Relevancia
Servicios

Circularidad

$$= \frac{\text{Virgin resources}}{\text{Useful service}}$$

de innovaciones
de empleos en circularidad



Recycled
steel



Recycled
AHSS
steel

...



Recycled
Aluminum



Recycled
Magnesium

...



Mech. rPA6
+ Bio-PA6 +
Biofiber



Mech. rPP +
Bio-PP + Text...
Biofiber



Mech. rEPP
+ Bio-EPP



Cork +
latex

...



Mech. rPC +
Bio-PC
+ Biofiber



Mech.
RecycledText...
Bio TPO



Paper PCB



3D printed
PCBs

...



Chem. rPET



Chem.
rPA66

...

Cuando la circularidad se alinea a otras políticas

- Materiales circulares tienden a un costo adicional a comparación de los materiales vírgenes.
- Pero tienden a tener menos emisiones de CO2.
- El sistema de comercio de emisiones de la UE → sostuvo el costo y el caso de negocio a largo plazo para la circularidad

Indices especificos

Es importante la **participación e integración** de diversas industrias, sectores y actores

Indice de circularidad

Puntuación agregada que refleja la reutilización de materiales, la reciclabilidad, la modularidad y el diseño general para la circularidad.

Coefficiente de Reparabilidad

Basado en la cantidad de herramientas necesarias, el acceso a repuestos, el uso de pegamento y el soporte del OEM para reparaciones.

Eficiencia de desmontaje

Mide la facilidad con la que se puede desmontar un dispositivo sin que se produzcan daños ni se tenga en cuenta la fragilidad de los componentes.

Extensión del ciclo de vida

Analiza la capacidad de mantenimiento de la batería, las políticas de soporte de software, la cultura de reparación y la capacidad de actualización.

Índices para habilitadores de la economía circular

✓ Circular Revenue share



✓ Service-based offerings



✓ Sharing economy integration
(1-10)



✓ Innovación e Inversión (%)



✓ Puntaje de reparabilidad (1-100)



✓ Potencial de reciclaje (1-100)



Disassembly Impact Scorecard

Criterion	Description	Weight _{w_i}	Scoring formula
Tool Complexity	Weighted sum of tool diversity & specificity	0.10	TC = (T × S) T = number of tools S = avg. specificity factor (0.5–2.0)
Fastener Complexity	Measures count, diversity, and reversibility index	0.15	FC = (N × D × (1 - R)) N = fastener count D = type factor (0.5–2) R = reversibility index (0–1)
Attachment Accessibility	Geometric accessibility difficulty index	0.10	AA = (1 - A) A = Accessibility score (0 = inaccessible, 1 = fully accessible)
Joining Method	Joining reversibility + removal effort	0.15	JM = J × E J = join permanence (0–1) E = effort multiplier (1–3)
Destructive Requirement	Binary + conditional effort	0.20	DDR = B × (1 + D) B = 1 if destructive, 0 if not D = level of destruction (0–4)
Disassembly Time	Actual or estimated disassembly time	0.10	DT = log(t + 1) t = time in minutes (base 10 logarithm)
Safety Risk	Weighted sum of identified risks	0.10	SR = Σ(r_i × w_i) r _i = presence (0/1), w _i = severity weight (1–5)
Disassembly Sequence Complexity	Dependency & nested sequence depth	0.10	DSC = D × L D = number of dependencies L = average nesting depth (1–5)

Normalization Methodology

Let x_i be the raw score for each criterion
Normalize each score using min-max scaling to a 0–1 range:

$$X_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Weighted Aggregation Formula

Apply weighted sum to get final Disassembly Impact Score (DIS):

$$DIS = \sum_{i=1}^8 w_i \cdot X_i$$

*Follow me, [Gianluca Managó](#), for more content about circular design and product sustainability

Índices específicos para industrias

Fuente: Gianluca Managó.

Cheat Sheet

📌 Get 1% better at Circular Design every week*

KPIs for Product Sustainability

Class II Medical Devices

Single-use replacement return

\$/100 procedures cost difference

Cost comparison: reusable device cleaning vs. disposable replacement over 100 uses

why it matters

For CGM applicators and lancets, switching to reusable bio-based designs can save \$15-25 per patient per month while reducing medical waste by 80%

Electronic waste processing cost

\$/sensor e-waste processing cost

E-waste disposal cost difference: biodegradable sensor components vs. traditional electronics

why it matters

E-waste disposal regulations are tightening globally, with costs expected to double by 2027 for non-compliant electronics

Component separation labor

\$/sensor disposal labor cost saved

End-of-life processing cost reduction from bio-sensors that eliminate manual disassembly

why it matters

Current sensors require 45-60 seconds of manual separation for proper recycling, and biodegradable alternatives eliminate this \$2-3 per sensor labor cost

Closed-loop material recovery

\$/sensor material circularity value

Revenue from recovered bio-materials vs. virgin material costs in next production cycle

why it matters

Bio-material sensor components can be chemically broken down and reformed into new sensors, creating \$2-4 per sensor value from material recovery vs. waste disposal costs.

*Follow me, [Gianluca Managó](#), for more content about circular economy and product sustainability

Índices específicos para industrias

Fuente: Gianluca Managó.



Lecciones del desarrollo de las guías técnicas para los PNAs

Requerimientos

✓ No prescriptivas, ni deben
duplican esfuerzos



✓ Facilitar la acción asumida e
impulsada por el país



✓ Country-drive



✓ Con perspectiva de género



✓ Teniendo en cuenta a los grupos
y comunidades vulnerables



✓ Participativo y Transparente



✓ Ciencia y conocimientos
tradicionales indígenas



Unpacking the 7 Global Goals on Adaptation Targets

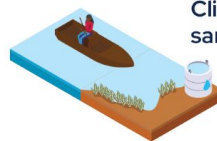
The NAPs can now be linked to the 7 thematic targets of the GGA to identify areas to assess.

A practical approach is to break down each of the targets into systems that can be constructed to represent basic units of assessment and action

GGA Target
↓
Components of the target
↓
Systems to address via NAP

NAP iFrame

To manage interactions between systems and various dimensions of adaptation, the LEG has developed the NAP integrating framework, to facilitate the mapping of different aspects associated with systems or management units. Making it easy to identify dependencies and synergies between components.



Climate-resilient water and sanitation security for all

- Reduction in climate-induced water scarcity
- Enhanced climate resilience to water-related hazards
- Climate-resilient water supply for all
- Climate-resilient sanitation for all
- Access to safe potable water for all
- Affordable potable water for all



Sustainable food and nutrition security for all

- Climate-resilient food and agricultural production
- Climate-resilient food supply
- Climate-resilient distribution of food
- Sustainable and regenerative food and agricultural production
- Equitable access to adequate food and nutrition for all



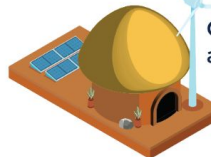
Climate-resilient health systems and services

- Resilience against climate change related health impacts (particularly in the most vulnerable communities)
- Climate-resilient health services (particularly in the most vulnerable communities)
- Reducing climate-related morbidity and mortality (particularly in the most vulnerable communities)



Healthy ecosystems and biodiversity

- Reduced climate impacts on ecosystems (through their management, enhancement, restoration, conservation, and protection)
- Reduced climate impacts on biodiversity (through their management, enhancement, restoration, conservation, and protection)
- Accelerated use of ecosystem-based adaptation and nature-based solutions (in terrestrial, inland water, mountain, marine and coastal ecosystems)



Climate-resilient infrastructure and human settlements for all

- Climate-resilient infrastructure to climate change impacts to ensure basic and continuous essential services for all
- Resilient human settlements to climate change impacts to ensure basic and continuous essential services for all
- Minimized climate-related impacts on infrastructure and human settlements



Climate-proof poverty reduction and livelihoods, and climate-social protection measures for all

- Reduced adverse effects of climate change on poverty eradication and livelihoods
- Use of adaptive social protection measures for all



Climate-proof cultural heritage

- Protecting cultural heritage from the impacts of climate-related risks by preserving cultural practices
- Protecting cultural heritage from the impacts of climate-related risks by preserving heritage sites
- Protecting cultural heritage from the impacts of climate-related risks by designing climate-resilient infrastructure

Alineadas a
otros políticas,
estándares y
objetivos

"Mucho de lo que llamamos "innovación" a menudo está arraigado en antiguas y presentes prácticas indígenas, como la soberanía de las semillas, la protección de los bosques sagrados y los rituales culturales para el equilibrio ecológico."

Fumukazi Zilanie Kamgundanga Gondwe of the Phoka people of Malawi

Las políticas circulares deben:

1



Estar alineadas a otros políticas, estándares y objetivos

Para evitar conflictos, trade-offs y encontrar sinergias de manera más sencilla

2



Incluir a todos los involucrados de manera participativa

Ir más allá del reciclaje, y considera ciclos biológicos, sistemas de innovación, oportunidades de crecimiento para innovaciones circulares, necesidades específicas

3



Buscar agregar valor para todos a través de la ambición

La ventaja única de la EC es que no se trata de minimizar el mal sino de alcanzar un estado de regeneración.

Gracias

Sigamos en contacto

Mitsue Elisa Guerrero Monsalve
mitsuelisa@gmail.com
mitsuelisa.com