

Entregables 3.2 y 3.3.

México

# Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y barreras para la adopción de una hoja de ruta de Economía Circular en México

**Proyecto:** Evaluación de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta para Brasil, Chile, México y Uruguay

RFP/UNIDO/7000003530

Octubre 2020

**Factor**  
Ideas for change



**ASDF** | AMERICAS  
SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT  
FOUNDATION

 **CTCN**  
CLIMATE TECHNOLOGY CENTRE & NETWORK



[www.wearefactor.com](http://www.wearefactor.com)



## ÍNDICE

Acrónimos .....	iii
<b>1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Análisis de las fortalezas y oportunidades de México en la adopción de una hoja de ruta de Economía Circular .....</b>	<b>5</b>
2.1. Fortalezas .....	5
2.1. Oportunidades .....	9
<b>3. Análisis de las debilidades y barreras de México en la adopción de una hoja de ruta de Economía Circular .....</b>	<b>16</b>
3.1 Debilidades.....	16
3.2 Barreras.....	18
<b>4. Fortalezas, oportunidades, debilidades y barreras para una hoja de ruta de Economía Circular desde la perspectiva sectorial .....</b>	<b>20</b>
4.1 Sector siderúrgico y metalúrgico .....	23
4.2 Sector cementero.....	26
4.3 Industria química.....	29
4.4 Industria del papel y cartón .....	32
4.5 Academia, investigación, innovación y emprendimiento.....	35
<b>5. Conclusiones y recomendaciones para la adopción de una hoja de ruta en economía circular desde la perspectiva sectorial .....</b>	<b>39</b>
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN SUSTENTABLE.....	13
FIGURA 2. OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS PARA LAS CADENAS SELECCIONADAS.....	21
FIGURA 3: MATRIZ DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES, AMENAZAS Y BARRERAS DE LA INDUSTRIA METALÚRGICA Y SIDERÚRGICA CON RESPECTO A LA HOJA DE RUTA EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO.....	23
FIGURA 4: MATRIZ DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y BARRERAS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA CON RESPECTO A LA HOJA DE RUTA EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO.....	26
FIGURA 5: MATRIZ DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y BARRERAS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA CON RESPECTO A LA HOJA DE RUTA EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO.....	29
FIGURA 6: MATRIZ DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y BARRERAS DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL Y CARTÓN CON RESPECTO A LA HOJA DE RUTA EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO.....	32
FIGURA 7: MATRIZ DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y BARRERAS DE LA ACADEMIA, INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO, CON RESPECTO A LA HOJA DE RUTA EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO.....	35



## Acrónimos

CC	Cambio Climático.
CND	Compromisos Nacionalmente Determinados ante el Acuerdo de París.
DS	Desarrollo Sostenible.
EC	Economía Circular.
EERR	Energías Renovables
END	Entidad Nacionalmente Determinada ante el Acuerdo de París.
ERNC	Energías Renovables No Convencionales.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GEF	Global Environment Facility (Fondo Mundial para el Medio Ambiente)
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, geografía e Información.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
REP	Responsabilidad Extendida del Productor.
RSU	Residuo Sólido Urbano (RSU) o residuo urbano.
RME	Residuo de manejo Especial
RP	Residuo Peligroso
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SENER	Secretaría de Energía.



## 1. Introducción

Este **apartado 3.2 y 3.3** del Reporte número 3 tiene por objeto el análisis cualitativo de las barreras, debilidades, fortalezas y oportunidades que hoy presenta el país ante un escenario de elaboración y adopción de hoja de ruta en economía circular.

En esta etapa de diagnóstico, el plan de trabajo está enfocado en los sectores que se han venido evaluando desde el entregable número 2 y que, a través de las entrevistas a los actores clave que los representan, se ha obtenido insumos relevantes para los fines de este reporte.

A continuación, se mencionan los sectores industriales más relevantes para la economía mexicana, y que fueron representados durante este proceso de diagnóstico, por las siguientes Organizaciones (CTCN-UNIDO, 2020):

- **Industria de la transformación:** Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos [CONCAMIN].
- **Industria Química:** Asociación Nacional de la Industria Química [ANIQ].
- **Industria del Papel y Cartón:** Cámara del Papel [Cámara Nacional de la Celulosa y el Papel].
- **Industria Cementera:** Cámara Nacional del Cemento [CANACEM].
- **Industria Metalúrgica y Siderúrgica:** Cámara Nacional del Acero [CANACERO].
- **Ecosistema de Emprendimiento e Innovación Social:** Socialab México.
- **Sector Académico, Investigación e innovación en materia de energía, cambio climático y desarrollo sustentable:**
  - Centro Mario Molina [CMM].
  - Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial [CIDESI].
  - Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México [IIUNAM].
  - Consultores independientes en materia de economía circular, descarbonización de la matriz energética y agenda de mitigación/adaptación al cambio climático para ciudades y territorios en México.



## 2. Análisis de las fortalezas y oportunidades de México en la adopción de una hoja de ruta de Economía Circular

En esta sección se presenta un análisis de las fortalezas y oportunidades identificadas por los actores clave durante el proceso de entrevistas, conversaciones en las que se abordaron diversas aristas y perspectivas del estado actual de los sectores y un abordaje sobre su visión para el largo plazo ante un escenario de inminente cambio climático, mediante una estrategia aún construcción hacia un modelo de desarrollo sustentable como el que la economía circular nos propone.

### 2.1. Fortalezas

#### **Marco Regulatorio**

México, desde su ingreso a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] en 1994, experimentó una reestructuración profunda en todo su modelo de desarrollo, alineando todo el sistema productivo a los estándares, marcos regulatorios y parámetros de competitividad bajo los que operan los países de esta comunidad, desde entonces, socios comerciales.

Casi una década después, en 2003 entra en vigor la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LGPGIR]**, misma que en aquel entonces tomó como referencia la normatividad y marco regulatorio de la Comunidad Europea, una de las regiones pioneras en los principios de la Economía Circular.

En este contexto, **inferimos que una de las fortalezas de México ante la problemática de la generación de residuos es su marco regulatorio**, el cual además ha venido evolucionando y especializándose en el manejo de residuos peligrosos [RP], de manejo especial [RME] y sólidos urbanos [RSU]; Recientemente, se han presentado iniciativas de **Ley de Economía Circular a nivel estatal en varias entidades federativas** y el pasado mes de diciembre, el Senado de la República presentó **la iniciativa de Ley General de Economía Circular**, lo que anticipa una nueva etapa de reconfiguración de la gestión de los flujos de materiales, energía y capital natural con el que el país cuenta en un momento histórico en el que se desarrolla una agenda de mitigación y adaptación al cambio climático para las próximas décadas.

Complementando este instrumento regulatorio, durante los últimos seis años se ha publicado la **Ley General de Cambio Climático [LGCC]**, la **Estrategia Nacional de Cambio Climático [ENCC]** y la **Reforma Energética** que permite la incursión en Energías Renovables y subastas energéticas, abriendo este mercado a nuevos actores y modelos de negocio, aún en definición.

Es importante mencionar que el marco regulatorio actual se respalda en lo técnico por un marco normativo robusto que regula con mucho detalle mediante disposiciones específicas las buenas prácticas y gestiones de los sectores productivos.

Sin embargo, en la sección de barreras y debilidades se abordarán todos los desafíos que este marco regulatorio tiene ante un escenario de desarrollo sustentable y hoja de ruta en economía circular.



### **Entramado Empresarial**

El sector privado del país cuenta con una estructura sólida conformada por cámaras sectoriales y agremiaciones que agrupan a los industriales tanto para mantener los estándares de productividad y competitividad de cara a la entrada de grupos empresariales multinacionales y competidores extranjeros que llegaron con la apertura de las fronteras al libre comercio desde 1994, como para tomar decisiones de grupo ante los desafíos y retos del país.

Durante los 26 años de esta apertura comercial, las grandes corporaciones extranjeras han sabido articularse con el empresariado mexicano, al igual que empresas mexicanas han logrado expandir sus operaciones a otros países y regiones. Cabe mencionar que, en muchos casos, estas corporaciones multinacionales han absorbido a los competidores nacionales, al no ser éstos, capaces de competir por el mercado.

**Las cámaras sectoriales hoy representan al sector privado, dándole voz ante decisiones trascendentales para el país, la cual debe ser central en la elaboración de una hoja de ruta enfocada en la competitividad y capitalización de las oportunidades que la economía circular, la industria 4.0, la innovación y la investigación brinda.**

### **Investigación**

**Actualmente, México cuenta con capital intelectual y talento humano de clase mundial para transferir conocimiento, desarrollar tecnología e innovación en todas las escalas.**

Los centros de investigación e instituciones de educación superior cuentan con infraestructura preparada para desarrollar proyectos piloto y proyectos de investigación centrados en la transición hacia un modelo de economía circular, al tiempo que se está desarrollando tecnología para el aprovechamiento de recursos y para cierre de ciclo técnico y biológico de materiales, así como para la generación energética con fuentes renovables y limpias a gran escala que desacoplen la matriz de crecimiento económico de las emisiones de GEI (descarbonización de la economía).

Actualmente se desarrollan proyectos de investigación y prototipos en temas como:

- Saneamiento de agua
- Desalinización de agua marina
- Generación de energía limpia
- Materiales para construcción sustentable
- Movilidad sustentable
- Aprovechamiento energético de materiales no-aprovechables
- Aprovechamiento de "residuos"
- Producción limpia
- Nanotecnología
- Productos con secuestro de carbono
- Tecnología de materiales y química verde
- Sistemas de información



- Desarrollo tecnológico como Internet de las Cosas [IoT], Inteligencia Artificial [AI], impresión 3D, Big data, etc.

Instituciones como **el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT]** cumple un rol fundamental en la vinculación de instituciones e investigadores con referentes globales que ya han dado los pasos que México está por iniciar, así que los programas de investigación, como los mecanismos de becas y fondos de cooperación para el desarrollo de proyectos, serán vitales para los siguientes años.

### Innovación

Aunque se esperaba que cada vez sean más las empresas y organizaciones que desarrollan proyectos de innovación sustentable y tecnológica, **México cuenta con instituciones muy comprometidas con el emprendimiento en este ámbito de negocios de base tecnológica y de inversión de alto impacto social y ambiental.**

En los concursos internacionales de innovación y certámenes de emprendimiento, se puede observar que dentro de los finalistas y ganadores siempre hay presencia de equipos mexicanos que han desarrollado prototipos y modelos de negocio con la ayuda institucional de estas entidades de investigación y co-financiamiento de fondos de cooperación y/o capitales de riesgo que llegan al país, gracias a la apertura que se ha dado en los últimos años. Este punto es una fortaleza, **aun cuando su escala sea aún limitada, pues nos indica que, de darle mayor apertura, apoyo y vinculación, será un vehículo de desarrollo de tecnología, nuevos modelos de negocio circulares y desarrollo de nuevos productos y servicios, dentro de los principios de la economía circular y con las tecnologías de la Industria 4.0 como habilitador exponencial.**

### Megadiversidad

México al ser uno de los cuatro países con mayor riqueza natural, tiene la gran fortaleza de extraer de la naturaleza aquellas respuestas de la ciencia y tecnología aplicada.

**Comprender los microclimas, la diversidad de materiales, las relaciones simbióticas entre agentes y ecosistemas, así como los mecanismos que les dan resiliencia, es la fortaleza y punto de despegue para el desarrollo de la Biomimética como disciplina que brinde herramientas y soluciones para el largo plazo,** al tiempo que se ponga en marcha toda iniciativa orientada a la regeneración de los recursos naturales perdidos en los años recientes.

### Simbiosis Industrial

Tal y como se referenció al sector cementero por casos de éxito en proyectos de simbiosis industrial, hoy existen proyectos piloto en varios sectores mediante los que se busca el aprovechamiento de flujos de materiales y el cierre tanto de ciclos biológicos como técnicos de diversos componentes y recursos descartados.

Actualmente hay sectores y encadenamientos productivos que empiezan a compartir algunos de sus recursos descartados e intercambiarlos según su aplicabilidad y propiedades técnicas, aun cuando los mecanismos legales o regulatorios no lo facilitan, por lo tanto, hay una fortaleza apuntalada por los beneficios económicos directos que se obtienen de estos proyectos y que debe ser potenciada con nuevos criterios de análisis financiero que tengan en cuenta las externalidades e impactos socio-ambientales positivos y negativos durante el proceso de evaluación y comparación con proyectos convencionales.



Adicional a esto, algunos grupos empresariales que ya elaboran sus planes de continuidad de negocio están analizando los riesgos del cambio climático más allá de sus propias operaciones, lo que anticipa una gestión de riesgos con aliados estratégicos (puertos, proveedores, operadores logísticos, entre otros) y que fortalecerá en el mediano plazo, aquellas decisiones sectoriales a través de sus mesas técnicas.

### **Economía digital**

Desde una óptica de transformación digital de los negocios con ayuda de las tecnologías de la industria 4.0 y bajo un modelo de economía circular, la inclusión de este apartado dentro del nuevo tratado de libre comercio entre México, Canadá y Estados Unidos de América [T-MEC], representa un poderoso mecanismo que deberá impulsar el desarrollo de nuevos modelos de negocio de base tecnológica de alta rentabilidad, replicabilidad y escalabilidad dentro de los principios de la economía circular. Este nuevo Tratado busca fortalecer los instrumentos de protección a la información en transacciones comerciales, blindar los datos, aplicar beneficios tributarios como la exención de aranceles, liberar de comisiones por la venta de productos digitales y construir políticas de cooperación en ciberseguridad.

Además, se protegerán los derechos de propiedad intelectual, preservando las patentes de innovaciones, así como los derechos de autor. Este marco busca fortalecer la protección de indicaciones geográficas y combatirá a las prácticas de piratería, protegiendo la validez de las marcas.

Varias oportunidades identificadas por cada sector están alineadas con la implementación que la **economía digital** detona.

### **Energía Renovable y Asequible**

A partir de la reforma energética de 2013, se han realizado tres subastas de largo plazo (SLP-1/2015, SLP-2/2016 y SLP-1/2017) que han permitido el despliegue de **4.8 GW de generación de energía solar fotovoltaica y 2.4 GW de energía eólica al año 2019**. Estos compromisos permitirán alcanzar una nueva capacidad instalada adicional de **8.8 GW a 2020, lo que representará el 12% de la capacidad total, tomando como línea base al año 2017** (El Colegio de México, 2020). Con la entrada en operación de la totalidad de estos proyectos eólicos y fotovoltaicos, la matriz de generación primaria alcanzará el **17% de energía limpia y cerca del 30% en la generación de electricidad, sumada a la energía proveniente de las centrales hidroeléctricas existentes** (SENER 2019).

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Energía Solar (ASOLMEX)<sup>1</sup>, actualmente hay **63 granjas de generación solar fotovoltaica**, distribuidas en 16 de las 32 entidades federativas (principalmente en estados de las regiones del Bajío y norte). Cabe mencionar que el 80% del territorio mexicano se localiza en las inmediaciones del "cinturón solar", zona geográfica donde el **índice de radiación fluctúa entre los 4.4 y los 6.3 kWh/m<sup>2</sup> al día<sup>2</sup>**, lo que representa una probabilidad de viabilidad para estos proyectos del orden del 85%. En términos de desarrollo económico, la inversión directa en estos proyectos ha alcanzado los **8.5 mil millones de dólares** (Forbes 2020), creando

<sup>1</sup> Mapa de centrales solares, Asociación Mexicana de Energía Solar. Disponible en: <https://www.asolmex.org/es/centrales>

<sup>2</sup> Mapa de radiación solar SOLARGIS



**64 mil empleos** en toda la cadena de valor, y evitando la emisión de **60 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e** (ASOLMEX, 2020).

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), desde finales de **2019, México cuenta con una capacidad instalada de 6.312 GW, distribuida en 14 entidades federativas y se espera un incorporar 1.36 GW adicionales para el siguiente año** (AMDEE, 2020). Con respecto al impacto de estos proyectos, **la inversión directa ha superado los 11 mil millones de dólares, creando alrededor de 45 mil empleos, lo que ha evitado la emisión de 12.9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e** (AMDEE, 2020).

## 2.1. Oportunidades

### Redes de aprendizaje

Por recomendación de la consultora e investigadora Lourdes Aduna Barba, se identifica el poder construir una **red de aprendizaje y transferencia de conocimiento** multisectorial, mediante la que construyan mesas técnicas que intercambien experiencias, desarrollen conocimiento y asesoren la construcción de políticas públicas, marcos regulatorios y normativos que impulsen la competitividad y productividad del sector privado.

En este sentido, una importante oportunidad que se abre es la de **conformar mesas técnicas que revisen detalladamente las iniciativas de Ley enfocadas en economía circular** tanto a nivel estatal como federal, siempre con la convicción de crear las condiciones para fortalecer el desarrollo sustentable del país y la transición hacia una economía circular. El desafío está en la articulación de estos grupos de trabajo y rigor técnico que respalde las nuevas regulaciones y mecanismos.

### Re-Aprovechamiento de flujos de materiales

Una oportunidad que debe ser capitalizada en el corto plazo, es la de **reformular los artículos y especificaciones técnicas que hoy no facilitan la correcta separación, clasificación y recuperación de flujos de materiales, lo que deberá centrarse en maximizar su potencial de re-aprovechamiento y revalorización asociada**, razón por la que muchas empresas y sectores hoy no capitalizan esta oportunidad ante la ausencia de un mercado de intercambio de materiales y de mecanismo normativos y jurídicos claros, que lo viabilicen.

Algunos ejemplos de esto, tomados del estudio "Consumo Sustentable y Reciclaje de Residuos Electrónicos: México y Alemania" (GIZ, 2019), son: a) la implementación de una definición clara y específica para los residuos de aparatos eléctrico y electrónicos RAEE que homologue el lenguaje con otros países a los que podría darse destino estos flujos de materiales recuperados; b) En una segunda instancia, crear un etiquetado ambiental y sustentarlo mediante una política pública que establezca la responsabilidad extendida del productor (o la responsabilidad compartida entre productor y consumidor) que facilite el retorno de materiales a los ciclos económicos, y que asigne con claridad las responsabilidades financieras, administrativas e informáticas a cada actor del encadenamiento productivo y de consumo.

En esta misma vía, **se deben diseñar los mecanismos financieros y regulatorios que permitan viabilizar inversiones en infraestructura requerida para los procesos de separación en la fuente** o de tratamiento de estos materiales, previo a su reincorporación a nuevos ciclos productivos, asegurando así, que las calidades y



propiedades fisicoquímicas cumplan con todos los estándares de producción, en cada industria.

Hay además, una oportunidad en la instalación y desarrollo de competencias de innovación en el talento humano que estará a cargo de ejecutar estas nuevas formas de trabajo, por lo que las instituciones educativas tanto privadas como públicas, están llamadas a adatar sus contenidos académicos a los requerimientos de las industrias en esta nueva era digital y sustentabilidad, desde los niveles de educación básica.

Por otro lado, y con base en la relación que hay entre los residuos generados y el nivel de recolección de éstos (Greenpeace, 2019), vemos que **la infraestructura existente actualmente es insuficiente para recolectar, acopiar y dar un tratamiento adecuado a los flujos de materiales** que son descartados y clasificados como **RSU, RME y RP (tener en cuenta lo antes mencionado sobre la falta de una clasificación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEE)**. En este sentido, el primer paso está en determinar la cantidad de materiales que se recolectan y su geo-referenciación, así como el potencial que aún no se logra recolectar. Una vez que se tenga claridad en las cantidades y en dónde se generan, se deberá revisar qué infraestructura está disponible para su recolección, separación y tratamiento. Al contar con esta **caracterización detallada**, se podrá desarrollar un **mercado de materiales disponibles para su re-incorporación en nuevos ciclos productivos**. En resumen, nos referimos a la creación de una nueva minería basada en el re-aprovechamiento de materiales que fueron extraídos y que están listos para su re-inserción **en el mercado, entendiendo que durante la transición de la linealidad a la circularidad, se tratará de un modelo eco-eficiente** que facilita el reciclaje y mitiga impactos negativos, pero que para el futuro deberá consolidarse como un **mecanismo habilitante y eco-efectivo que conecte los ciclos de re-utilización de materiales no-tóxicos y componentes diseñados bajo los principios de la economía circular**.

Para abordar esta oportunidad a gran escala a través de la creación de una nueva industria y mercado, es necesario pensar sistémicamente los encadenamientos productivos. Aunado a la infraestructura y al circuito de separación-recolección-tratamiento, se debe crear una plataforma digital donde se cruce la demanda de los sectores industriales y la oferta de los materiales disponibles hoy y de los materiales que se diseñen en el futuro. Para ese modelo, surge la necesidad de crear empresas especializadas en certificar la calidad y dar manejo apropiado a los materiales para sus diferentes usos, un mecanismo de re-valorización que tase los precios del mercado tiempo a tiempo, operadores logísticos que muevan los flujos de materiales entre generadores y compradores, así como aquellas entidades encargadas de capacitar y transferir las competencias necesarias a los empleados y operadores participantes en toda la cadena de valor. Para ello, y como una tendencia en ciudades y regiones con estrategia de sustentabilidad y economía circular, están surgiendo nuevos mercados de intercambio de materiales, productos y servicios, soportados por plataformas digitales que facilitan la satisfacción de necesidades puntuales de usuarios y empresas, bajo modelos costo-efectivos y con menores impactos ambientales (reducción de su huella ecológica). Las interacciones entre oferentes y demandantes dentro de estos nuevos mercados además generan datos que en el tiempo serán utilizados para la toma de decisiones de gran impacto como es el desarrollo territorial, comercialización de nuevos productos y servicios y para el desarrollo de investigación e innovación.



Como incentivo, al pensar que **en México sólo se re-aprovecha entre el 19 y 23% de los residuos no orgánicos (materiales reciclables como cartón, metales, plásticos, entre otros)** que pone en el mercado de consumo tras un primer uso, lo que representa una tasa total de reciclaje menor al 10% (CONIMER, 2019), mientras que en las economías más importantes de la Comunidad Europea se alcanzan tasas cercanas al 50% de este total, observamos que en México hay un gran potencial desaprovechado y que puede ser transformado en oportunidades como: 1) La reducción de la dependencia en el uso de materias primas vírgenes y la volatilidad de sus precios de mercado, 2) la revalorización económica que la venta de estos recursos supone, 3) la reducción o eliminación de costos actuales por disposición final de estos flujos, 4) la diversificación de los negocios al incursionar en modelos de negocio asociados a esta nueva industria y 5) el valor reputacional que se asocia a una gestión sustentable de los recursos que cada empresa participante hace.

Como referencia del surgimiento de una nueva industria que rápidamente ha pasado de una escala de ciudad a un nivel estatal y con alta replicabilidad, se puede mencionar a **Austin Materials Marketplace**, modelo que tras cuatro años de operación ya se ha replicado en otros estados de la Unión Americana como Ohio, Michigan y Tennessee.

Este mercado de intercambio de materiales de la ciudad de Austin se basa en un modelo que mantiene el valor de los materiales y productos, al tiempo que evita que millones de toneladas de residuos sean depositados en rellenos sanitarios en el mejor de los casos. Desde el año 2014, el Consejo Estadounidense de Negocios para el Desarrollo Sustentable (USBCSD por sus siglas en inglés) ha venido desarrollando y operando este nuevo mercado de materiales, a través del cual no sólo se ha reducido la generación de desperdicios y gastos en su gestión, sino que además ha proporcionado medios a los empresarios locales para comercializar una diversidad de materiales, componentes y productos con alto grado de aprovechamiento, generándoles así ingresos adicionales. Entre los resultados más relevantes de este modelo se registran los siguientes: al año 2018 contaba con 530 usuarios de la plataforma (vendedores y compradores) con un volumen de 20 transacciones al mes con un valor promedio de \$2,600 dólares en promedio cada una. Para el periodo 2014-2018 se evitó que 400 toneladas de materiales aprovechables, fueran dispuestos en rellenos sanitarios, lo que equivale a cerca de 1,000 MtCO<sub>2e</sub> evitadas.

Este modelo ha inspirado la replicación del modelo en otras ciudades de la Unión Americana, e incluso en Estados como Michigan, Ohio y Tennessee. Además, ha permitido la creación de diversas empresas proveedoras de servicios especializados en este nuevo encadenamiento de recuperación y comercialización, ha facilitado la gestión del servicio público eficientando el presupuesto y reduciendo los impactos socio-ambientales que generaba la gestión de residuos y actualmente es un modelo referencia internacional como caso de estudio de organizaciones como Ellen MacArthur Foundation (AMM, 2020).

## **Innovación**



La innovación sustentable tiene tres grandes virtudes: replicabilidad, escalabilidad y perdurabilidad en el largo plazo, por lo que invertir en proyectos e iniciativas con este potencial, siempre será una oportunidad de mercado.

**Actualmente ya hay programas, fondos de cooperación y mecanismos de financiamiento verde/climático/circular** que están diseñados para impulsar la implementación de proyectos debidamente formulados y estructurados, tales casos son el **Plan de Acción de Economía Circular de la Unión Europea (EU Circular Economy Action Plan)**, el **Pacto verde Europeo**, por mencionar algunos. Incluso, muchos de estos instrumento **se han diseñados para co-financiar proyectos piloto en etapa de desarrollo de prototipos**, bien sea con innovación aplicada en los modelos de negocio circulares, en el eco-diseño de productos y servicios con triple impacto (social, ambiental y económico) o en el desarrollo tecnológico que habilite nuevas dinámicas de producción y consumo.

**La tecnología que ya está disponible y que es asequible en muchos casos, permite crear mercados de intercambio de materiales, de venta de productos de segunda mano y habilitar plataformas para compartir activos ociosos o servicios temporales que suplan las necesidades de las industrias durante periodos de tiempo muy cortos, evitando así la extracción de materias primas, la adquisición de equipos ineficaces y la producción intensiva de enseres innecesarios.** Estos mercados electrónicos son altamente rentables, replicables y escalables porque se basan en modelos de economía de escala, colaborativa y a través de redes de confianza que las tecnologías de la información habilitan (sistemas de calificación y puntaje, validación y trazabilidad, entre otros). Como referentes globales encontramos modelos de economía colaborativa que a través de la facilitación de productos o activos entregados en forma de servicio, han alcanzado niveles exponenciales de crecimiento y eficiencia; tales casos como **Bla Bla Car en europa**, permite que la gente se movilice entre ciudades, compartiendo el viaje en el automóvil del propietario del activo, lo que además de eficientar el costo de transporte del pasajero y la remuneración del conductor, la plataforma crea alta rentabilidad por la conexión entre oferta y demanda. Estas plataformas empiezan a posicionarse en mercados como el de renta de maquinaria para la construcción como **BigRentz**, en el mercado del turismo como **Expedia**, en la comercialización de diseños de ingeniería y arquitectura como **fiver**, en nichos como las bienes raíces como **La Haus (México y Colombia principalmente)** e incluso en la venta y alquiler de maquinaria, equipo y consumibles para la industria como es el caso de **Amazon**.

Adicionalmente, **existe una oportunidad enorme en conectar a aquellos innovadores sustentables con aquellas instituciones de investigación que actualmente desarrollan estudios de caso que amplifique el potencial de negocio que hay detrás de estas soluciones tecnológicas y sustentables.** También deberá darse una articulación entre empresarios y expertos en desarrollo de negocios que, desde la claridad financiera, fortalezcan sus modelos de negocio a través del financiamiento, inteligencia de mercados y atracción de inversión verde. Esta articulación multisectorial es la oportunidad para crear nuevos negocios, nuevos empleos de calidad y fortalecer a la industria en materia de competitividad, e incluso incursionar en nuevos mercados a los que las empresas no tienen acceso en la actualidad.



Entre los criterios más relevantes de la evaluación de proyectos de innovación sustentable (European Union, 2015) se encuentran:

**Figura 1. Criterios para la evaluación de proyectos de innovación sustentable.**

Fuente: Elaboración propia, adaptado de los Manuales de Eco-innovación, del Pacto Verde Europeo y procesos de selección de modelos de negocio replicables y escalables

Fuente: UNEP, 2014.

**CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS SUSTENTABLES**

Tamaño de la problemática socio-ambiental que resuelve y del potencial de mercado.

Recursos disponibles y capacidad de renovabilidad.

Tendencia del mercado en el consumo de productos y servicios como la solución propuesta.

Grado de desarrollo tecnológico y grado de madurez de la innovación a implementar.

Viabilidad financiera y mecanismos de financiamiento climático/verde/circular.

Potencial de acceso a beneficios fiscales, incentivos y estímulos financieros.

Replicabilidad: ¿En qué otros contextos se puede aplicar la solución?

Escalabilidad: ¿Qué tan escalable es el modelo de negocio y la aplicabilidad de la solución?

Adaptabilidad y Resiliencia al cambio climático y a la realidad Post-Covid:  
¿Qué tan adaptable es la solución a condiciones climáticas desfavorables o de paro económico?

Equidad: ¿Qué tan equitativo es el modelo laboral que genera?

Alineación y cumplimiento con **indicadores de monitoreo de impacto de la Economía Circular** (huella en el consumo de recursos, cambio en el patrón de comportamiento del consumidor, tasa de reciclabilidad de los componentes, grado de cumplimiento de la Responsabilidad Extendida del Productor, entre otros). Como referencia se puede consultar los indicadores de economía circular establecidos en el la Plataforma de Eco-innovación de la Comunidad Europea

En secciones subsecuentes a este informe se detallarán los lineamientos y guía para la evaluación, clasificación, selección y formulación de proyectos de transición y de adopción de la economía circular (ver Reporte 6.1).

Como casos de éxito referentes en el desarrollo de modelos de negocio sustentables en México, con alto grado de escalabilidad y crecimiento, se puede destacar:

- 1) Biobox** (Entrepreneur, 2019): Un modelo de negocio que con ayuda de la tecnología permite que el consumidor final de productos como refrescos y bebidas envasadas en PET, vidrio y aluminio, los re-incorpore en la cadena de abastecimiento del productor, al tiempo que re-valoriza en dinero y otros beneficios, la devolución del envase al productor. Este modelo de negocio pasó de tener 3 estaciones de recolección, a más de 300 en la Ciudad de México en menos de 7 años. El proyecto actualmente se encuentra en proceso de expansión a otras ciudades y a otros países de la región, o que supone un concepto de replicabilidad de rápida implementación y puesta en marcha, así como un potencial de escalamiento gracias a la gestión que se puede lograr en vía remota mediante tecnología como el internet de las cosas, el manejo masivo de datos (Big Data) y las comunicaciones entre plataformas de oferta y demanda. Modelos como este, que emplean la tecnología y conceptos de logística inversa para cerrar los circuitos económicos de estos materiales, habilitan tanto cadenas de recuperación para incrementar su tasa de reciclaje (modelo eco-eficiente), pero también permite crear consciencia en el consumo sustentable y la responsabilidad compartida post-consumo, a través de mecanismos de publicidad y comunicación.



- 2) **Alianza Tetra Pak - Ecolana:** Citando una publicación en su portal web, se presenta lo siguiente: "Los envases de Tetra Pak se componen principalmente de cartón (75%), polietileno (20%) y aluminio (5%). **Ecolana es una plataforma** que ayuda a las personas a encontrar los centros de acopio más cercanos a su domicilio, además de difundir el listado de residuos que reciben y los datos para establecer un contacto directo con los acopiadores. **Además de Ecolana, Tetra Pak cuenta con otros 17 aliados en reciclaje**, a quienes apoya con asesoría y hasta maquinaria en comodato. Estos aliados **transforman el envase** de Tetra Pak **en papel reciclado, cartón, techos y pisos de polialuminio**, así como material para construcción, postes, topes viales, estaciones de bicicletas, mesas, bancas, entre otros. Es así que, en los últimos cinco años en México, Tetra Pak pasó de reciclar 32,000 millones a **43,000 millones de envases** para el cierre de 2019. Estos objetivos se alinean con las metas globales de la compañía de reciclar al menos el **40% de los envases usados**.
- 3) **INCMty:** Es una plataforma que nace en 2013 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León apoyada por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) con el propósito de impulsar a innovadores, emprendedores y *startups*, conectándolas con actores clave que los ayuden a escalar sus proyectos. En los últimos años, este grupo de trabajo en alianza con grupos empresariales como cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma Heineken México y la empresa global Cemex, ha desarrollado convocatorias sobre modelos de negocio y solución a retos como el cambio climático, a través de proyectos de innovación sustentable. Este año, el **festival INCMty busca inspirar a 8,300 emprendedores sustentables** (mexicanos y latinoamericanos), conectarlos con inversionistas ángeles que desean colocar inversión en negocios sustentables y escalables, con grandes corporativos interesados en acelerar la innovación y con la comunidad y con líderes mundiales en desarrollo tecnológico que buscan establecer alianzas estratégicas.

### **Economía Circular Comunitaria**

De acuerdo con la consultora Cristina Cortinas, **la economía circular es una oportunidad de desarrollo para comunidades en situación de vulnerabilidad**, ya que es a través de este modelo que adquieren una soberanía y prosperidad que se sustenta en desarrollar una economía local basada en los principios de circularidad que rompe con la dependencia que su situación de marginación causa.

En contextos específicos donde la migración de los hombres de estas comunidades hacia Estados Unidos en busca de mejores oportunidades económicas, ha dejado en alta vulnerabilidad a las familias, conformadas en su mayoría por mujeres y niños, es que se crean estas redes de colaboración y donde los insumos para la producción están a la mano. En otras palabras, una oportunidad de generar prosperidad a partir de las condiciones propias de la localidad. Como ejemplo, **hoy existen comunidades de mujeres que han creado modelos de agricultura sustentable, economías basadas en la producción de artesanías o en los mercados de venta de residuos, que están disponibles en su territorio y que re-convierten en materias primas para las industrias cercanas, lo que hoy representa un modelo de negocio rentable**.

Un caso concreto de esto, es el proyecto turístico en La Sierra Gorda de Querétaro, que tiene por objeto la creación de una economía comunitaria con foco en el turismo



sustentable y cultural, dentro de las márgenes de la reserva de la biósfera y en las localidades aledañas. Este proyecto se basa en tres pilares: 1) Operación con mínimo impacto ambiental, mediante el ordenamiento territorial, gobernabilidad comunitaria y en coordinación con las autoridades locales, 2) desarrollo de una red de operadores turísticos comunitarios y 3) una estrategia de comercialización de servicios que promuevan el turismo cultural de la región. Uno de los actores clave en esta región es el Grupo Ecológico Sierra Gorda (GESG), organización no gubernamental que integra a **72 microempresarios**. Estas organizaciones en conjunto con la Secretaria de Turismo y actores como la Fundación Cristina Cortinas, impulsan acciones para preservar las **383,567 hectáreas de la Reserva de la Biósfera** donde habitan **638 comunidades** de 5 municipios. En esta zona se localizan **120 establecimientos de hospedaje**, **226 de servicios de alimentación**, 6 agencias de viajes y 35 agencias de guías turísticos. Adicionalmente, en la zona operan **113 centros comunitarios de acopio** en los que se almacenan cerca de **900 toneladas de materiales reciclables cada año**. Estos centros son manejados de manera voluntaria por mujeres y representan una fuente potencial de ingresos económicos y creación de empleos en la recuperación, separación y retorno de materiales a encadenamientos productivos de la región (UNESCO, 2019). Un indicador económico relevante de este esfuerzo, es la derrama anual de **2.2 millones de dólares**.

Finalmente, cabe destacar que es una región que ha posibilitado la implementación de tres proyectos de regeneración de la biósfera en alianza con la industria aeronáutica y con el Gobierno del Estado. Tales son los casos de VOLARIS, BOMBARDIER y el Mecanismo Estatal de Compensaciones.

### **Energía Renovable y Asequible**

**Considerando que México cuenta con: a) un potencial eólico de 70 GW (equivalente con la generación total actual) del que sólo aprovecha el 12.5% de generación eólica (AMDEE, 2019), b) un potencial de generación solar de 84 GW del que sólo aprovecha el 5.95% (CIEP, 2019) y c) que para el año 2029, deberá agregar a su matriz de generación actual, alrededor de 56 GW adicionales**, se evidencia una oportunidad enorme para la transición energética que por un lado aproveche la infraestructura, las centrales hidroeléctricas y de ciclo combinado ya instaladas para suplir la demanda actual, y el desarrollo de nuevas centrales de co-generación de energía renovable con fuentes limpias, garantizando la calidad del suministro ante la demanda creciente y con mejores tarifas que las actuales, al tiempo que se inicia la transición hacia una descarbonización inminente de la matriz energética y a la creación de cuando menos **2 millones de empleos** (CEPAL/OIT, 2019b). Esto por otro lado, podría posicionar al país como una potencia global en la exportación de energía renovable, debido a la abundancia que el territorio ofrece.

Un dato relevante para la Ciudad de México, es que aprovechando el 100% de las superficies aptas para la instalación de paneles solares fotovoltaicos, se podría generar el 48% de la energía que consume la ciudad, donde 93% de la demanda residencial estaría cubierta al igual que el 32% de la demanda comercial (ASOLMEX, 2020). Esto clarifica el potencial que ciudades y zonas rurales (actualmente desconectadas del sistema nacional) tienen ante el despliegue de esta industria.



### 3. Análisis de las debilidades y barreras de México en la adopción de una hoja de ruta de Economía Circular

En esta sección se presenta un análisis de las debilidades y barreras identificadas por los actores clave durante el proceso de entrevistas, conversaciones en las que se abordaron diversas perspectivas del estado actual de los sectores y su visión para el largo plazo ante un escenario de inminente cambio climático y con una estrategia en aún construcción hacia un modelo de desarrollo sustentable como el que la economía circular nos antepone.

#### 3.1 Debilidades

##### Alianzas multisectoriales

Aunque en México los grupos empresariales y las cámaras sectoriales son organizaciones muy sólidas y cuentan con agendas y hojas de ruta en materia de sustentabilidad, aún se observa una falta de articulación entre los diferentes sectores y las regiones del país, lo que limita su incidencia en la toma de decisiones encaminadas hacia la reconfiguración del marco regulatorio, normativo e incluso en las disposiciones sobre las que los tratados de comercio exterior están desarrollados.

Durante las conversaciones con los entrevistados, **se identificaron los mecanismos que hoy no están facilitando las dinámicas de re-aprovechamiento y re-valorización de flujos de materiales y energía.** En su mayoría se debe a que no han sido diseñados con intervención técnica de los empresarios, que al final de todo, son quienes cuentan con el conocimiento técnico y de la industria, lo que debería estar establecido como un pilar en dichas disposiciones.

También **se pudo observar una cultura conservadora de negocios que no propicia el intercambio de información entre sectores, más por el temor a perder alguna ventaja competitiva o por una sensación de revelar algún secreto industrial.** Algunas empresas incluso no comparten abiertamente información con la cámara a la que están afiliados, sobre iniciativas o proyectos en desarrollo por algún asunto relacionado con protocolos de confidencialidad.

Todo esto se resume en una falta de confianza y un ambiente más de competencia que de cooperación y fortalecimiento sectorial, realidad que bien podría ser transformada a través de ejercicios de intercambio de experiencias, relacionamiento o comunicación abierta en la vía de la cooperación con objetivos compartidos.

##### Análisis de factibilidad

Aunque hay sectores que desde ejercicios de inteligencia de negocios han identificado oportunidades de rentabilidad en la gestión sustentable y en la innovación, no se atreven a invertir en desarrollar los proyectos que de ahí se desprenden porque los análisis de factibilidad están calculados sin anticipar los costos de las externalidades, los riesgos y las condiciones del entorno que están cambiando (incluso regulatorias), por lo que **es necesario que los tomadores de decisiones adquieran la sensibilidad y las metodologías para evaluar las decisiones considerando el triple impacto** y lo que esto significa para el valor de sus acciones o inversiones.



### Garantías jurídicas

Durante las entrevistas con los representantes de sectores clave, se pudo identificar como una debilidad a la seguridad jurídica para invertir en tecnología o proyectos que requieren el despliegue de infraestructura que queda comprometida ante la incertidumbre operacional por encontrarse en zonas grises regulatorias.

Un caso de esto es que **para algunas industrias es atractivo invertir en procesos de tratamiento de residuos recuperados para posteriormente, reincorporarlos a su proceso de producción, sin embargo, el marco jurídico genera exigencias que hacen inviable la inversión** y que crea la incertidumbre de si la empresa podría operar su propia infraestructura, al grado de tener que modificar su acta constitutiva y objeto social. Ante ese escenario muchas inversiones desisten en la actualidad.

### Articulación interinstitucional

En un modelo de economía circular y de desarrollo sustentable es fundamental la participación y colaboración interinstitucional, donde el sector público quede representado desde diferentes ámbitos; al tratarse de un modelo de desarrollo territorial, esta conversación debe ser liderada por las entidades encargada del desarrollo económico en todos los niveles de gobierno, y tener una comunicación fluida y abierta con las entidades encargadas de garantizar el cumplimiento de las disposiciones ambientales, sociales, laborales, de calidad y de seguridad, entre otras, sin embargo, durante esta etapa, **el proceso ha sido liderado por las instituciones que lideran el cumplimiento de las disposiciones ambientales y las CND, mientras que las entidades de desarrollo económico que son estratégicas para este diagnóstico, hasta el momento han estado ausentes en la conversación.** Se abre una oportunidad para atraerlas a este marco colaborativo.

### Modelo Energético

México es un país con vocación petrolera por excelencia y desde la década de 1930, la economía ha estado sustentada en gran medida por la industria petroquímica y en la producción de hidrocarburos, lo que ante la agenda de cambio climático, constituye un gran desafío en la transición hacia una economía baja en carbono.

En el año 2014 se aprobó una reforma energética con el objetivo de: reducir la dependencia en la importación de combustibles como la gasolina y el gas; convertirse en un país autosuficiente en la producción de petróleo a través de la extracción petrolera en yacimientos localizados en aguas profundas mediante la apertura a la participación de actores privados; y diversificar la matriz de generación energética nacional mediante el aprovechamiento de las fuentes renovables disponibles. Los resultados entregados por la reforma durante estos seis años de implementación, indican que ha funcionado más como un instrumento financiero para rentabilizar los recursos naturales de los que el país dispone y que no son renovables, que como un vehículo de desarrollo que apunte hacia un modelo basado en la descarbonización de la economía a gran escala. Esto desde la perspectiva de la agenda de mitigación del cambio climático, representa un enorme desafío centrado en la diversificación del sistema energético que tenga como base el aprovechamiento del potencial de radiación solar, los regímenes de vientos para la generación de energía eólica, la capacidad de generación de energía geotérmica, entre otras fuentes disponibles; Lo anterior, en un contexto regional en el que Latinoamérica tiene como meta alcanzar



hasta el 73% en la generación de energía con fuentes renovables para 2030, de acuerdo con la iniciativa de cooperación regional denominada como el Hub de Energía, recientemente lanzado por el Banco Interamericano de Desarrollo y otras organizaciones especialistas en la materia (IRENA, 2020).

### **Educación para el desarrollo sustentable**

Si bien es cierto que un modelo de desarrollo sustentable debe garantizar las condiciones para que las nuevas generaciones se desarrollen ante el contexto actual, se debe iniciar con la preparación de las siguientes generaciones para una transición hacia la economía circular y un modelo de desarrollo sustentable.

Una oportunidad para crear ese re-cambio generacional está en el modelo educativo y en la creación de consciencia en todos los niveles académicos. Actualmente los planes y programas educativos en los niveles básicos y medio superior (primaria, secundaria y bachillerato) no se cuenta con una rama de formación en materia de sustentabilidad, orientada hacia la creación de una cultura basada en el consumo responsable y en la eficiencia en el manejo de recursos. Tampoco cuenta con asignaturas centradas en el desarrollo del pensamiento sistémico, ni de procesos de innovación que estimulen la creatividad hacia la solución de problemáticas asociadas al cambio climático o a la innovación social.

En alineación a la percepción de los líderes industriales entrevistados, se observa una desarticulación importante entre los planes de estudio del nivel superior con las necesidades actuales de las industrias.

## **3.2 Barreras**

### **Mecanismos Legales**

**Una barrera que hoy limita el intercambio de flujos de materiales re-aprovechables para nuevos ciclos y procesos productivos se debe a la falta de mecanismos con soporte legal que garantice éstas nuevas transacciones y cumplimiento de las responsabilidades de las partes.** Debido a esto, las empresas y sectores interesados en realizar estos intercambios desisten ante la complejidad de la legalización.

### **Mecanismos Financieros**

La falta de instrumentos, incentivos y programas de inversión para prácticas industriales sustentables hace que cualquier esfuerzo en esta vía requiera una inversión propia de los empresarios que no siempre están en posibilidad o disposición de realizar.

**Es necesario que el sector financiero, los fondos de inversión y la Secretaría de Hacienda y Crédito público [SHCP] desarrollen en conjunto los mecanismos que incentiven la inversión en materia de sustentabilidad, dando periodos de gracias, incentivos tributarios o tasas preferenciales bajo programas de desarrollo empresarial de “crecimiento verde”<sup>3</sup>.**

---

<sup>3</sup> La Estrategia de Crecimiento Verde es un término para describir a un modelo de crecimiento económico donde se hace un manejo sustentable de los recursos naturales, mediante prácticas de producción y consumo responsable. Este término se ha empleado globalmente como un complemento al concepto de desarrollo sustentable. Por lo general es aplicado a las agendas y estrategias nacionales.



### **Transferencia de conocimiento**

**Hacen falta unidades de conocimiento y centros de innovación abiertos donde los empresarios puedan compartir sus retos de competitividad** y sean las mesas técnicas las que den soluciones viables con base en experiencias y casos de éxito.

### **Comunicación articulada**

**Una barrera que está presente en todos los sectores es la comunicación estratégica sobre los temas asociados al desarrollo sustentable y, por ende, a los conceptos de economía circular, industria 4.0 e innovación**, y cómo éstos son vehículos para capitalizar oportunidades de negocio y competitividad. Se debe construir un lenguaje común intersectorial donde la comunicación sea abierta, en clave de negocio y estrategia de crecimiento.



## 4. Fortalezas, oportunidades, debilidades y barreras para una hoja de ruta de Economía Circular desde la perspectiva sectorial

Desde una perspectiva de transición del modelo económico lineal actual hacia una economía circular, es fundamental contar con una óptica sectorial que sea la que vaya creando un *momentum* de transformación en los encadenamientos productivos de mayor impacto para el país, y poco a poco, ir permeando hacia otros sectores de menor impacto y a organizaciones en la escala micro.

Para ello, se presenta un análisis mediante el que logra identificar las brechas que el país debe ir cerrando en términos de transformación tecnológica, cualificación de mano de obra, educación para la sustentabilidad y producción limpia, partiendo de una economía altamente dependiente del petróleo y los hidrocarburos, hacia los que ha desarrollado una vocación de casi cien años.

En este sentido, y con base en las entrevistas a estos líderes clave, presentamos un análisis de factores externos (barreras y oportunidades) y factores internos (debilidades y fortalezas) que son determinantes en la actualidad por la que transita México.

Cabe mencionar que en el **Reporte 2.4** de esta asistencia técnica se ha documentado detalladamente el proceso de entrevistas con los actores claves incluidos en esta etapa de diagnóstico del estado actual de la economía circular en México.

Para este análisis FODB, se consideraron los siguientes aspectos:







- Infraestructura industrial y grado de adopción de tecnologías de la industria 4.0.
- Avances en el desarrollo de investigación, innovación y desarrollo de proyectos piloto en economía circular, sustentabilidad y base tecnológica.
- Dinámicas actuales y encadenamientos de recuperación-reciclaje.
- Gobernanza y liderazgo.
- Grado de implementación de EERR en la matriz de generación energética del país.
- Metas y compromisos de México ante el Acuerdo de París (CND) y la Agenda Global 2030 (ODS).
- Creación de empleo y nuevas formas de trabajo.
- Sectores industriales de mayor impacto en la emisión de GEI, identificados en la Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, previamente desarrollado por la END.
- El nivel de dependencia del país con respecto a la importación de materias primas en ciertos sectores y con respecto a los mercados destino de la producción, ya que México cumple un rol en la manufactura de grandes corporaciones multinacionales en sectores de gran influencia como el automotriz y las confecciones, por destacar algunos.
- El enfoque del Marco regulatorio actual que está orientado en la prevención y gestión integral de residuos entendida como reciclaje de menor valor (*down-cycling*), y no en la re-valorización de flujos de recursos descartados, que es uno de los objetivos principales de la economía circular.



Con base en la metodología ReSOLVE (Ellen MacArthur Foundation, 2015), desarrollada por la Fundación Ellen MacArthur, se presenta un resumen de las oportunidades identificadas de manera general en los sectores objeto de este análisis. Esta metodología compila seis grupos de estrategias y acciones que pueden ser adoptadas por las industrias a un nivel micro (desde sus modelos de negocio, desarrollo de productos y servicios), pero que también son potenciales para su adopción a nivel meso, a lo largo de los encadenamientos productivos, ciudades y regiones. En ella se identifican modelos que permiten la creación de nuevos mercados, industrias y, por ende, nuevos empleos que demandan capacidades de innovación, adopción tecnológica y gestión sustentable.

**Figura 2. Oportunidades identificadas para las cadenas seleccionadas.**

Fuente: Reporte 3.2-3.3. Análisis FODA para México  
(elaboración propia basado en metodología ReSOLVE de Ellen MacArthur Foundation)

Restaurar/regenerar		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transición hacia energía y materiales renovables</li> <li>• Reclamar, retener y restaurar la salud de los ecosistemas</li> <li>• Devolver los recursos biológicos recuperados a la biosfera</li> </ul>
Compartir		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compartir activos</li> <li>• Reutilizar / segunda mano</li> <li>• Prolongar la vida a través del mantenimiento, diseño para mayor durabilidad, actualización</li> </ul>
Optimizar		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar el rendimiento / eficiencia del producto</li> <li>• Eliminar residuos en la cadena de producción y de suministro</li> <li>• Aprovechar big data, automatización, teledetección y dirección</li> </ul>
Ciclo		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos o componentes re-manufacturados</li> <li>• Materiales reciclados</li> <li>• Digestión anaeróbica</li> </ul>
Virtualización		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmaterialización directa</li> <li>• Desmaterialización indirecta</li> </ul>
Intercambio		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazar materiales viejos con materiales avanzados no renovables</li> <li>• Aplicar nuevas tecnologías</li> <li>• Elegir nuevos productos / servicios</li> </ul>

Antes de abordar el análisis FODB sectorial, es importante retomar una **nota aclaratoria desarrollada en el Reporte 3.1 de esta investigación**, ya que actualmente hay sectores que han avanzado en el desarrollo de iniciativas y proyectos que responden a medidas basadas en la **Eco-eficiencia dentro de un modelo económico lineal** y no en como **soluciones Eco-efectivas que responden a los principios de la economía circular**. Estas acciones resultan positivas como estrategia de mitigación de impactos socio-ambientales ante el contexto actual y bajo una perspectiva de transición en el mediano plazo, pero sin duda representan soluciones insuficientes para un escenario de adopción de la economía circular y que, para el largo plazo, deben ser replanteadas bajo los principios fundamentales de este nuevo paradigma, pues de lo contrario, serán iniciativas que apunten a perpetuar el extractivo e insostenible modelo de producción lineal.

Los sectores de los que es objeto este análisis son:

- Industria siderúrgica y metalúrgica.
- Industria cementera.
- Industria química.
- Industria del papel y cartón.
- Academia, investigación, innovación y emprendimiento.



## **Metodología**

La metodología para el análisis cualitativo sectorial, está basada tanto en los hallazgos obtenidos durante el proceso de entrevistas con actores clave, como en el proceso de investigación y documentación de este reporte 3. La matriz FODB, que no corresponde a una matriz típica FODA, presenta un análisis de los principales factores externos (barreras y oportunidades) que son de alta influencia en la economía mexicana, así como de aquellos factores internos (fortalezas y debilidades) para cada sector en estudio. Una vez definida la matriz de factores, se establecen las estrategias que por un lado lleven a que cada sector maximice el aprovechamiento de sus oportunidades latentes, y por otro, defina estrategias centradas en derribar las barreras que actualmente ponen un freno, principalmente a la competitividad y desacoplamiento del modelo de crecimiento económico con respecto a sus impactos socio-ambientales.

### 4.1 Sector siderúrgico y metalúrgico

A continuación se presenta la matriz FODB para este sector generador del 35% del PIB nacional y 8.4 millones de empleos (CANACERO, 2020):

**Figura 3: Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas y Barreras de la industria metalúrgica y siderúrgica con respecto a la hoja de ruta en economía circular para México**

Fuente: Elaboración propia.

Industria Siderúrgica - Metalúrgica		
FACTORES EXTERNOS	OPORTUNIDADES	BARRERAS
FACTORES INTERNOS	1. Re-Valorización de flujos de materiales (minerales y metales): 6 Millones de ton/año	Falta de Marco jurídico y normativo que permita el intercambio y Re-valorización en cascada
	2. Simbiosis Industrial con otras Industrias (transferencias de energía residual y flujos de materiales residuales)	Falta articulación intersectorial y certidumbre jurídica para establecer acuerdos de co-inversión
	3. Implementación de tecnologías de la Industria 4.0	Requiere alta inversión y faltan incentivos tributarios y financieros
	4. Eficiencia energética y consumo de energía renovable (Certificados)	Faltan los mecanismos para certificar el consumo de energías renovables y programas que faciliten la inversión en tecnología para hacer eficiencia energética
	5. Romper la dependencia en las importaciones de materia prima	Falta una Estrategia y Acuerdo entre cámaras, que priorice la compra de la producción nacional por encima de la importación de China que presenta prácticas
<b>FORTALEZAS</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS</b>
Alto grado de re-incorporación de metales y minerales en ciclos productivos	Infraestructura disponible para crear un mercado de intercambio de materiales	Desarrollo Políticas Públicas que permitan la Re-valorización en cascada y la Norma Mexicana que certifique la calidad y especificaciones técnicas de materiales (SEMARNAT)
Disponibilidad de Energía residual de proceso con temperaturas >600°C y alta presión	Existencia de casos de éxito de transferencia de energía residual en el sector cementero e hidrocarburos	Creación de unidades de conocimiento intersectorial para desarrollo de proyectos circulares
Industria de alta tecnología, niveles de optimización y manufactura eficiente	Sector altamente tecnificado y con respaldo financiero para inversiones responsable/sustentable	Evaluación de Proyectos bajo modelos de inversión sustentable que consideren externalidades, costos socio-ambientales y beneficios de financiación verde/tributarios
Capacidad de negociación con el sector energético y con empresas generadoras de energías renovables	Instrumentación robusta de procesos y con energía residual disponible para transferir (temperatura >600°C)	Emisión de Certificados y Licenciamiento de Generadores de energía limpia
Flujos de materiales disponibles en todo el territorio nacional	DECRETO que modifica la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación, 20/09/2019	Construcción de Estrategia de la Iniciativa Privada que exija Ley Anti-Dumping y priorice el consumo de producción nacional
<b>DEBILIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR OPORTUNIDADES, MITIGANDO DEBILIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR LAS BARRERAS Y MITIGUE LAS DEBILIDADES</b>
Chatarrización y desaprovechamiento de flujos de materiales por falta de claridad normativa	Establecer mesas técnicas que en articulación con SEMARNAT y otras Entidades de Gobierno, permita la inclusión de requerimientos de la industria en el marco normativo	Desarrollar en Alianza con SEMARNAT un Norma Mexicana que defina las calidades, especificaciones técnicas y potencial de re-uso de los flujos de materiales disponibles
Desperdicio de energías residuales y emisiones de GEI a la atmósfera	Diseño de los mecanismos jurídicos y técnicos que habiliten la transferencia de energías residuales en parques industriales	Incentivos a las empresas que operan en parques industriales por la implementación tecnológica y proyectos de simbiosis industrial
Transferencia tecnológica que requiere inversión y mano de obra calificada	Articulación de Programas de financiamiento responsable/sustentable y diseño de programas de beneficios tributarios	Vinculación de CANACERO y CONCAMIN con Programas de financiamiento de la Comisión Europea (u otros) orientados al desarrollo de Industria 4.0
No hay emisión de Certificados de consumo de Energías Renovables, ni beneficio tributarios atractivos para implementar tecnología eficiente	Reforma Energética donde se priorice la emisión de los certificados de Energías Limpias y Renovables	Negociación y Acuerdo de largo plazo entre la industria y las empresas generadoras que asegure tarifas energéticas competitivas, mientras se definen los Certificados
Alta dependencia de Importaciones de materias primas (Déficit anual IMP/EXP. de 7,500 millones de dólares)	Incremento en la tasa de Re-aprovechamiento de flujos de materiales que eviten la importación de materias primas	Creación de un mercado de materiales, tal y como lo han hecho en ciudades y estados de EEUU



Entre los factores más relevantes, identificados durante esta etapa de evaluación, se encuentran:

- **Las oportunidades de competitividad** basadas en: 1) El aprovechamiento y revalorización de alrededor de 6 Millones de ton/año en materiales que actualmente son descartados por el mercado. 2) La eficiencia operativa a través de la implementación de tecnologías limpias que además impulse un modelo de producción sustentable con mejoras significativas en la gestión de impactos socio-ambientales, la mitigación de riesgos de incumplimiento regulatorio o de externalidades en los territorios de influencia y la creación de valor mediante una imagen corporativa responsable y sustentable. 3) La creación una nueva industria centrada en el ecodiseño de nuevos productos que empleen materiales recuperados y que catalicen la oferta de servicios de reparación, re-manufactura, re-acondicionamiento de partes y la gestión logística en el encadenamiento de recuperación por la vía de la responsabilidad compartida con el usuario final.
- **Las fortalezas del sector, con respecto a un escenario de transición hacia la economía circular, están en:** 1) El alto grado de re-incorporación de los componentes y flujos de materiales descartables por el mercado y otras industrias, y que pueden ser sustitutos de materias primas en nuevos procesos de transformación; 2) La energía considerada como residual del proceso de transformación siderúrgico y metalúrgico, con alto potencial de reaprovechamiento por otras industrias cercanas, que demandan menores temperaturas para su proceso; 3) Es una industria altamente automatizada, lo que permite contar con datos de todos los procesos y con las que se pueden crear indicadores estratégicos en materia de sustentabilidad; 4) Como sector líder de la economía mexicana, cuenta con amplia capacidad de negociación y articulación con industrias y sectores estratégicos para la adopción de un modelo de desarrollo basado en economía circular; 5) Cumplirá un rol clave en la evolución de la relación entre el usuario final o consumidor y el productor de bienes (tecnológicos sobretudo) bajo un enfoque de responsabilidad compartida al ser una industria que demanda componentes y materiales recuperables a ser re-incorporados en la cadena de transformación.
- **Las principales debilidades del sector, con respecto a un escenario de transición hacia la economía circular, están en:** 1) La falta de un marco regulatorio y normativo que facilite el intercambio de flujos de materiales y que permita su revalorización bajo parámetros competitivos de mercado, lo que se puede constatar en que el modelo actual de reciclaje tiene un enfoque de valorización muy bajo, determinando el precio sólo por el peso o volumen, y que termina por segmentar el aprovechamiento de ciertos materiales con tasas muy bajas (SEMARNAT 2019a); 2) La falta de articulación con otros sectores industriales para el aprovechamiento de flujos energéticos e hídricos a través de procesos de simbiosis industrial, bajo un metabolismo industrial integrado dentro de parques y complejos industriales; 3) Las metodologías de evaluación y modelación financiera de proyectos bajo criterios que no incorporan aún, aquellas variables financieras vinculadas directamente con la valoración de pasivos socio-ambientales o que contribuyen con la viabilidad financiera mediante la



mitigación de impactos, externalidades en materia de sustentabilidad y la mejora en la imagen corporativa de las organizaciones; 4) La alta dependencia en la importación de materias primas.

Los **beneficios** que la industria metalúrgica y siderúrgica puede obtener al capitalizar las oportunidades mencionadas son:

- **Beneficios Económicos:** Reducción de la dependencia en la importación de materias primas (minerales y metales), ya que México ocupa el lugar 16 como principal importador a nivel global, y **registró un déficit de 5.6 mil millones de dólares para 2019**<sup>4</sup>. Además, mediante la re-valorización de los flujos de recursos descartados, se obtendrían ahorros significativos en costos de transformación, un mercado de materiales por el que hoy se recibe tan sólo una fracción del valor que éstos tienen.
- **Beneficios Sociales:** Creación de empleos en encadenamientos de re-valorización de flujos de recursos descartados, consolidación del empleo actual mediante una industria más productiva y competitiva y apertura de nuevas oportunidades de empleo de mayor calidad a través de la cualificación de a mano de obra.
- **Beneficios Ambientales:** Mitigación de GEI en alineación con la Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en primera instancia, reducción de los impactos ambientales en suelos, aire, cuerpos de agua y huella de carbono por transporte logístico. Como dato de referencia para establecer un orden de magnitud, la producción acerera genera 1.044 tCO<sub>2</sub>e/t.p., lo que se traducirá en **emisiones evitadas al re-aprovechar los flujos de materiales** que actualmente no son re-valorizados. **El potencial de mitigación asociado a las 6 Millones de toneladas anuales** en metales recuperables, es de **6,6 MtCO<sub>2</sub>e**<sup>5</sup>, que **representa un 0.9% de los 733,822.44 GgCO<sub>2</sub>e emisiones totales** presentadas en el inventario nacional de gases y compuestos de efecto invernadero (INEGYCEI, 2017).

<sup>4</sup>Balanza Comercial, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI), 2019.

<sup>5</sup>Cámara Nacional del Acero (CANACERO), 2019.

## 4.2 Sector cementero

A continuación se presenta la matriz FODB de este sector como productor de cemento número 14 del mundo y que hoy genera alrededor del 1.0% del PIB nacional y 20 mil empleos directos (CANACEM, 2020).

**Figura 4: Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Barreras de la industria cementera con respecto a la hoja de ruta en economía circular para México**

Fuente: Elaboración propia.

Industria Cementera		
FACTORES EXTERNOS	OPORTUNIDADES	BARRERAS
FACTORES INTERNOS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sustitución de combustibles fósiles y aprovechamiento energético de residuos como combustible alternativo en proporciones mayores al 30%</li> <li>2. Simbiosis Industrial con otras industrias (transferencias de energía y flujos de materiales como puzolanas, escorias, cenizas volantes)</li> <li>3. Desarrollo de nuevos productos y materiales para la construcción aprovechando materiales residuales de producción</li> <li>4. Desarrollo de proyectos de regeneración de ecosistemas y conservación de capital natural en canteras abandonadas</li> <li>5. Creación de mercados de materiales de construcción que no cumplen con la calidad pero que son aptos para otros usos de construcción en vivienda digna</li> </ol>	<p>El Marco Regulatorio actual sólo permite una inyección de combustibles alternos de hasta el 30% máx.</p> <p>Falta articulación Intersectorial y certidumbre jurídica para establecer acuerdos de co-inversión</p> <p>Requiere alta inversión en innovación, desarrollo de prototipo y validación técnica</p> <p>Faltan los mecanismos para certificar e incentivar la inversión en proyectos regenerativos del capital natural</p> <p>Actualmente, no existen los mercados donde se coloquen materiales defectuosos que pueden ser re-aprovechados como agregado (u otros usos complementarios) en construcción de vivienda digna, no esencial y obras de infraestructura</p>
	<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Larga experiencia del sector cementero en la inclusión de combustibles alternos en sus procesos de calcinación y producción</li> <li>Experiencia en proyectos Eco-eficientes dentro de las plantas cementeras e investigación sobre materiales</li> <li>Infraestructura, personal calificado y experiencia en el desarrollo de patentes, nuevos materiales y productos</li> <li>Liderazgo en materia de sustentabilidad y experiencia en la regeneración de canteras abandonadas</li> <li>Flujos de materiales disponibles en todo el territorio nacional</li> </ul>	<p><b>ESTRATEGIAS PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicar de manera estratégica los beneficios ambientales y en términos de competitividad que genera el aprovechamiento energético de materiales</li> <li>Evaluación de estudios de caso potenciales con otras industrias y parques industriales</li> <li>Acuerdos estratégicos con centros de innovación, universidades y laboratorios para el desarrollo de proyectos en alianza</li> <li>Alianzas estratégicas con SEMARNAT, CONAGUA, CONAFOR y otras entidades responsables de preservar el capital natural de la nación para co-financiar estos proyectos</li> <li>Comunicar los beneficios económicos, ambientales y sociales del re-aprovechamiento de éstos materiales disponibles</li> </ul>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de acuerdos que garantice el suministros de la mezcla para sustituir combustibles fósiles</li> <li>Falta de acuerdos con otras industrias cercanas con las que podría desarrollarse proyectos de simbiosis industrial</li> <li>Requiere alta inversión con retorno de largo plazo</li> <li>Requiere alta inversión sin retorno directo desde la vocación de la industria</li> <li>No hay un encadenamiento productivo que recolecte estos materiales y los transfiera a un mercado de comercialización</li> </ul>	<p><b>ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Crear mercado de intercambio de materiales descartados</li> <li>Desarrollo de estudios de caso y factibilidad de proyectos piloto de simbiosis industrial</li> <li>Articulación de Programas de financiamiento responsable/sustentable y diseño de programas de beneficios tributarios</li> <li>Comunicar los beneficios socio-ambientales de los proyectos de conservación y regeneración de ecosistemas</li> <li>Mercado piloto con aliados estratégicos que conformen la cadena de valor de la re-valorización de estos materiales</li> </ul>	<p><b>ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS Y MITIGAR DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar en Alianza con SEMARNAT un Norma Mexicana que defina las calidades, especificaciones técnicas y potencial de re-uso de los flujos de materiales disponibles</li> <li>Incentivos a las empresas que operan en parques industriales por la implementación tecnológica y proyectos de simbiosis industrial</li> <li>Proyectos piloto en alianza con startups, emprendimientos y empresas aliadas</li> <li>Vinculación de CANACEM con Programas de Cooperación Internacional y Premios a la Sustentabilidad</li> <li>Realizar una vigilancia y estudio de caso de negocio para el desarrollo de un mercado piloto</li> </ul>



Los factores más significativos, como resultado de este análisis, están en:

- **Las oportunidades de competitividad** centradas en: 1) La sustitución de combustibles fósiles por alternos basados en el re-aprovechamiento energético de materiales descartables y que no pueden ser reciclados o re-incorporados a nuevos ciclos de producción como materia prima. En este sentido, un desafío identificado es que el marco normativo permita una mayor proporción en la inclusión de estos combustibles alternos, ya que en la actualidad se tiene una restricción del 30% (NOM-040-SEMARNAT-2022). Esta práctica debe ser enmarcada en un escenario de transición y Eco-Eficiencia y no propiamente de economía circular, aunque claramente contribuye con la mitigación de emisiones de GyCEI. 2) Si bien esta industria ya ha implementado proyectos de simbiosis industrial al interior de sus procesos productivos, como es el caso del aprovechamiento de gases terciarios, existen potenciales oportunidades de mayor escala, en la simbiosis que podría ser impulsada en articulación con otras industrias ubicadas en las cercanías de sus operaciones productivas, que den como resultado, una gestión sustentable de agua, la generación de energía limpia para el consumo de procesos auxiliares y administrativos, entre otras. 3) El desarrollo de nuevos materiales y productos para la construcción en México y la región, con propiedades de adaptación térmica ante las condiciones de las diferentes regiones y que vuelva más eficiente el uso y consumo energético. Otras áreas de oportunidad está en el desarrollo de pavimentos permeables que habilite la recarga de mantos acuíferos al tiempo que brinde superficies de rodamiento en cumplimiento con las especificaciones técnicas para la construcción de vialidades y carreteras. 4) La creación de nuevos mercados de materiales de segunda mano o de calidad intermedia (clasificados como saldos o excedentes) que son descartados bajo estándares de alta calidad, pero que cumplen con las propiedades técnicas para ser empleados en otros usos constructivos; este mercado podría incluir además, aquellos residuos de construcción y demolición (RCD) que pueden sustituir materiales de origen extractivo y re-valorizar estos flujos que van a disposición final, muchas veces en sitios clandestinos. 5) La regeneración y conservación de ecosistemas en canteras en des-uso, lo que ya se viene haciendo por parte de las empresas líderes del sector, pero que podrá fortalecerse a través de programas restaurativos en las comunidades de influencia y otras zonas con riqueza de recursos naturales y biodiversidad.
- **Las fortalezas del sector, bajo una perspectiva de transición hacia la economía circular, están en:** 1) El sector cementero tiene amplia experiencia en la transferencia e implementación tecnológica para el re-aprovechamiento de combustibles alternos dentro de sus procesos y en el despliegue de proyectos de co-procesamiento, lo que representa una fortaleza como líder en la promoción de estos proyectos de transición del modelo actual hacia la economía circular; 2) La industria cementera cuenta con centros de investigación robustos, personal calificado y la experticia en el desarrollo de materiales y productos para la construcción que podría; 3) Como sector económico, además de ser una industria de alto impacto, ha demostrado tener un liderazgo a nivel global en materia de sustentabilidad tanto en sus procesos productivos, como en la recuperación y conservación de ecosistemas, experiencia que debe ser tenida



en cuenta por otros sectores para la promoción de proyectos regenerativos y restaurativos en pequeña o gran escala; 4) Actualmente están disponibles para su re-aprovechamiento grandes flujos de materiales de la construcción, sumados a los RCD que diariamente se generan en las obras, esto podría constituir un nuevo mercado, la mitigación de los impactos generados por la extracción de materias vírgenes y el ahorro de costos de transformación-producción.

- **Las principales debilidades expresadas por el sector, con respecto a un escenario de transición hacia la economía circular, están en:** 1) La falta de acuerdos y certeza jurídica para asegurar el suministro de materiales y combustibles alternativos, así como la limitante del 30% para su incorporación en el proceso productivo del cemento; 2) La falta de convenios con otros sectores industriales para el aprovechamiento de flujos energéticos e hídricos a través de proyectos de simbiosis industrial y modelos de co-inversión que los viabilice financieramente; 3) La desvinculación del sector con los programas de conservación y restauración de ecosistemas y biodiversidad, financiados por recursos públicos o de la cooperación internacional; 4) La falta de un encadenamiento que facilite la recuperación y retorno de materiales de construcción y RCD disponibles para un nuevo mercado.

Los beneficios que el sector cementero puede obtener al aprovechar las oportunidades mostradas son principalmente:

- **Beneficios Económicos:** Reducción de costos de producción a través de proyectos de simbiosis industrial e innovación, lo que supone elevar la productividad y la competitividad de un sector del que es líder global. En un escenario de mayor desarrollo de proyectos de innovación, se identifica el desarrollo de potenciales negocios desde el diseño de nuevos productos para la construcción sustentable, el desarrollo de nuevos materiales para construcción de infraestructura y edificación y el despliegue de investigación hacia el aprovechamiento de materiales bajo esquemas de cierre de ciclo.
- **Beneficios Sociales:** Creación de empleos en encadenamientos de revalorización de flujos de recursos descartados, consolidación del empleo actual mediante una industria más productiva y competitiva y apertura de nuevas oportunidades de empleo de mayor calidad a través del desarrollo de nuevos negocios y mercados de materiales de construcción.
- **Beneficios Ambientales:** Mitigación de GEI en alineación con la Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, reducción de los impactos ambientales en suelos, aire, cuerpos de agua y huella de carbono por tonelada producida, así como proyectos de conservación y regeneración del capital natural en canteras abandonadas o zonas protegidas.

### 4.3 Industria química

A continuación se presenta la matriz FODB de la industria química, sector que hoy genera alrededor del 2.0% del PIB nacional y 50 mil empleos directos (ANIQ, 2020):

**Figura 5: Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Barreras de la industria Química con respecto a la hoja de ruta en economía circular para México**

Fuente: Elaboración propia.

Industria Química		
FACTORES EXTERNOS	OPORTUNIDADES	BARRERAS
FACTORES INTERNOS	1. Eco-diseño de nuevos adhesivos que permitan desensamblar partes de productos y facilitar su re-incorporación a nuevos ciclos productivos	Consumo masivo de adhesivos tóxicos y a precios bajos
	2. Diseño de nuevas fibras textiles y pigmentos No-tóxicos	El sector textil es una de los que tienen menor margen de utilidad y mayores impactos ambientales. La práctica común está basada en la compra de insumos a precios muy bajos
	3. Desarrollar Política Pública que prohíba el uso de sustancias y materiales tóxicos en productos y empaques.	Lobby político para no prohibir o restringir el uso de sustancias y materiales con alta toxicidad
	4. Desarrollo de proyectos e investigación en nanotecnología	Requiere centros de investigación y personal muy especializado
FORTALEZAS	ESTRATEGIAS PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS
know-how, Infraestructura para el desarrollo de producto y mercado cautivo	Eco-diseño de prototipos y desarrollo de productos piloto en alianza con fabricantes de producto que ensamblan con adhesivos tradicionales para validación técnica	Comunicar los impactos de la producción/consumo de adhesivos y su toxicidad, para crear conciencia
Infraestructura, personal calificado y experiencia en el desarrollo de fibras y pigmentos	Acuerdos estratégicos con centros de innovación, universidades y laboratorios para el desarrollo de fibras nuevas y pigmentos orgánicos	Establecer acuerdos de colaboración con marcas/empresas interesadas en posicionar su oferta de productos sustentables
Liderazgo en la industria	Alianzas estratégicas con SEMARNAT, CONAGUA, SSA, PROFECO y otras entidades responsables, para estudiar una reforma a la actual Política Pública	Impulsar iniciativas de Política Pública y participar en espacios de discusión técnica sobre la innovación sustentable en la industria química
Know-how y acuerdos de colaboración para el desarrollo de investigación	Vigilancia e Inteligencia en nanotecnología aplicada a la industria Química	Acuerdo comerciales y de colaboración que habiliten centros de investigación para el desarrollo de proyectos piloto y diseño de producto
DEBILIDADES	ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS Y MITIGAR DEBILIDADES
Falta de personal para desarrollo de innovación sustentable	Vinculación de agencias, startups y consultores en innovación sustentable para acompañamiento y entrenamiento del personal	Transferencia de conocimiento y entrenamiento del personal clave en innovación sustentable, desarrollo de proyectos y financiamiento responsable
Falta de personal para desarrollo de innovación sustentable	Vinculación de agencias, startups y consultores en innovación sustentable para acompañamiento y entrenamiento del personal	Proyectos piloto en alianza con startups, emprendimientos y empresas aliadas
Prácticas de "Business-As-usual" y un mercado que compite por precio	Comunicar los beneficios socio-ambientales de los productos No-tóxicos vs los tradicionales para crear conciencia en su uso	Vinculación de ANIQ con Programas de Cooperación internacional y Premios a la Sustentabilidad
Desarrollo de tecnología, infraestructura y personal especializado en ecodiseño	Establecer acuerdos con centros de investigación, universidades y laboratorios donde desarrollan proyectos de nanotecnología	Desarrollo de Proyectos de investigación en colaboración



Los factores más relevantes para la industria química se enlistan a continuación:

- **Las oportunidades de competitividad** basadas en: 1) El desarrollo de nuevas fibras textiles y pigmentos de origen orgánico no-tóxicos, que faciliten el diseño de productos durables, reparables y recuperables dentro del sector de la moda y que hoy representa a una de las industrias con mayores impactos socio-ambientales globalmente (Ellen MacArthur 2019). 2) El ecodiseño de adhesivos y resinas que permitan la recuperación, des-ensamblaje y re-ensamblaje de partes, para su re-incorporación hacia nuevos ciclos de producción. 3) Desarrollo de investigación en nanotecnología que impulse la creación de nuevos materiales recuperables y no tóxicos. 4) El liderazgo regional en materia de sustentabilidad, desarrollando nuevos materiales que faciliten la eliminación de los plásticos de un solo uso y los sustituya por otros materiales biodegradables, compostables o re-aprovechables.
- **Las fortalezas del sector, para la transición hacia la economía circular, están en:** 1) El conocimiento, experticia y la infraestructura necesaria para el desarrollo de nuevas soluciones bajo los principios de la economía circular. 2) Liderazgo en la industria mexicana para alcanzar acuerdos multisectoriales que, mediante la cooperación, impulse el desarrollo de proyectos de investigación, innovación y creación de nuevos mercados de materiales. 3) Conocimiento técnico para acompañar el desarrollo de nuevas políticas públicas y un marco regulatorio para la economía circular que mitigue la generación de residuos y maximice el aprovechamiento y re-incorporación de productos, componentes y materiales en nuevos ciclos económicos.
- **Las principales debilidades expresadas por el sector, con respecto a un escenario de transición hacia la economía circular, están en:** 1) La falta de personal especializado en innovación para la sustentabilidad. 2) Fuerte arraigo en prácticas de producción bajo un enfoque de "business-as-usual" y un mercado altamente regido por la reducción de precios de las materias primas. 3) La falta de personal y equipos de trabajo con conocimientos y competencias en ecodiseño de producto.

Los principales beneficios que la industria química puede obtener al aprovechar estas oportunidades son:

- **Beneficios Económicos:** Desarrollo de nuevos productos en segmentos como los adhesivos, fibras textiles y pigmentos que no resulten tóxicos para el usuario ni para el medio ambiente. La transformación de los mercados de consumo se ha venido acelerando con el cambio generacional y las nuevas regulaciones nacionales e internacionales, lo que antepone un desafío en el desarrollo de innovación centrada en el diseño de nuevos materiales, el eco-diseño de productos y los modelos de negocio que habiliten los encadenamiento para su recuperación y re-valorización. Como sector industrial de alta incidencia en la economía del país, un reto primordial está en el desarrollo de nuevas políticas públicas que restrinjan o limiten el uso de materiales tóxicos, al tiempo que impulsen el desarrollo de materiales sustentables, lo que para este sector representará la apertura de un mercado para estos desarrollos.



- **Beneficios Sociales:** Generación de proyectos de investigación en nanotecnología y desarrollo de materiales, la cualificación de mano de obra y el acceso a nuevos empleos de mayor calidad, así como el desarrollo de competencias en articulación con las instituciones educativas para suplir esta necesidad de la industria.
- **Beneficios Ambientales:** Reducción de la contaminación de suelos, aire, y cuerpos de agua (vertimientos), así como el desarrollo de procesos regenerativos a través del diseño de sustancias y materiales que se re-integran a la biósfera mediante ciclos biológicos de corto plazo y/o mediante mecanismos eco-efectivos que habilitan su re-valorización y re-uso en ciclos técnicos.

#### 4.4 Industria del papel y cartón

A continuación se presenta la matriz FODB de la industria del papel y cartón, sector que hoy genera alrededor del 7.0% del PIB nacional y 13 mil millones de dólares anualmente (Cámara del Papel, 2020):

**Figura 6: Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Barreras de la industria del papel y cartón con respecto a la hoja de ruta en economía circular para México**

Fuente: Elaboración propia.

Industria del Papel y Cartón		
FACTORES EXTERNOS	OPORTUNIDADES	BARRERAS
FACTORES INTERNOS	1. Reducción del consumo de agua en los procesos de reciclaje y producción	Costos operativos con respecto a los precios de mercado
	2. Desarrollo de nuevos productos o materiales que partan del re-aprovechamiento de material descartado con alto contenido de celulosa	Validación técnica de nuevos materiales e inclusión en el marco normativo
	3. Recuperar el porcentaje de papel/cartón que aún no es recolectado y evitar que termine en los rellenos sanitarios (2,000 - 5,000 ton/año)	No hay suficiente infraestructura para recolectar el 12% RSU faltante, en el que hay un alto porcentaje de papel/cartón
	4. Desarrollo de pigmentos y tintas de impresión orgánicas y No-tóxicas	Requiere de investigación, desarrollo de prototipo y producto
<b>FORTALEZAS</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS</b>
Encadenamiento productivo eficiente y con altas tasas de reciclabilidad	Proyecto piloto con aliados de la cadena de valor	Benchmarking sobre tecnologías aplicadas en la industria global
Infraestructura, personal calificado y experiencia en el manejo de materiales con base de celulosa	Vigilancia e Inteligencia de negocio	Acuerdos de colaboración con centros de investigación o universidades para el desarrollo de investigación y prototipos
Encadenamiento de recuperación y reciclaje	Mapeo del papel/cartón que no se puede recolectar y geo-referenciar donde se localiza. Hacer un estudio de factibilidad	Plan piloto de recolección con cooperativas de recicladores y asociaciones, e incentivando al consumidor que los retorne mediante programas de beneficios
Know-how para el aprovechamiento y re-valorización de materiales	Vigilancia e Inteligencia en nanotecnología aplicada a la industria	Acuerdo comerciales y de colaboración que habiliten centros de investigación para el desarrollo de proyectos piloto y diseño de producto
<b>DEBILIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR OPORTUNIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS Y MITIGAR DEBILIDADES</b>
Requiere inversión en tecnología para el tratamiento y cumplimiento regulatorio para el re-uso	Desarrollar la factibilidad de proyectos de implementación tecnológica para reducción de huella hídrica	Hoja de ruta de implementación tecnológica
Falta de personal para desarrollo de innovación sustentable	Vinculación de agencias, startups y consultores en innovación sustentable para acompañamiento y entrenamiento del personal	Proyectos piloto en alianza con startups, emprendimientos y empresas aliadas
La cadena de recolección y reciclaje no llega a todas las localidades	Lanzar programas con incentivos al consumidor para que retorne los empaques y puedan ser re-incorporados	Vinculación de CÁMARA DEL PAPEL con empresas clave y sus Programas de beneficios por retorno de empaques y papel/cartón (Ejemplo: Biobox como modelo de retorno)
Durabilidad y costo del producto en un mercado que compite por precio	Establecer acuerdos con centros de investigación, universidades y laboratorios donde desarrollan proyectos de nanotecnología	Desarrollo de Proyectos de investigación en colaboración



Entre los factores más significativos, identificados durante esta etapa de evaluación, se encuentran:

- **Las oportunidades de competitividad** basadas en: 1) El desarrollo de nuevos productos de mayor valor agregado fabricados con materiales descartados con alto contenido de celulosa, tales como panelería para mobiliario, material publicitario, construcción no-estructural, entre otros. 2) Recuperación de la tasa de papel y cartón que actualmente no alcanza a ser recolectado y que representa un volumen significativo con potencial de re-aprovechamiento (ver figura 5). 3) Desarrollo de nuevas tintas y pigmentos de origen orgánico, en alianza con la industria química, con lo que pueda diseñarse nuevos productos no-tóxicos y que se alineen con las exigencias de los mercados de consumo responsable. 4) Reducción del consumo de agua en los procesos de reciclaje y producción de papel y cartón, mediante la implementación de tecnologías que impulsen la eficiencia, la reducción de la carga contaminante y facilite su saneamiento para el re-uso.
- **Las fortalezas del sector, con respecto a un escenario de transición hacia la economía circular, están en:** 1) Un encadenamiento productivo eficiente y fortalecido en materia de recuperación y reciclaje. 2) En la infraestructura disponible, personal calificado y la experticia en el manejo de materiales con alto contenido de celulosa. 3) La experticia en el re-aprovechamiento y re-valorización de materiales descartados, y con alto potencial para ser re-incorporados a nuevos ciclos económicos.
- **Las principales debilidades del sector, con respecto a un escenario de transición hacia la economía circular, están en:** 1) El acceso a inversión para la adquisición de tecnología que incremente los índices de producción sustentable. 2) La falta de personal y áreas de desarrollo de proyectos de innovación sustentable. 3) La falta de infraestructura para la recolección del 100% de los residuos que actualmente se generan en el país. 4) La durabilidad y costo del producto terminado, en un mercado que compite por el menor precio, con una fuerte tendencia a la prohibición de empaques de un solo uso y hacia la implementación de la responsabilidad extendida del productor.

Los principales beneficios que la industria química puede obtener al aprovechar estas oportunidades son:

- **Beneficios Económicos:** En una primera oportunidad está en la recuperación de las 7,5 millones de toneladas/año (SEMARNAT, 2020) que los encadenamientos de reciclaje no logran recolectar anualmente, de ahí cerca del 14% son materiales con alto contenido de celulosa. Actualmente, la tasa de reciclaje del papel y cartón alcanza niveles del 28%, lo que evidencia un potencial aún desaprovechado de poco más del 70% de las 11 toneladas que se recuperan diariamente. En resumen, este sector podrá maximizar los ahorros de producción al re-incorporar estos flujos, lo que ya viene haciendo de manera gradual e incremental desde hace más de 20 años, capitalizando en productividad y competitividad, consistente con aquellos beneficios económicos directos.



Para el mediano plazo, una oportunidad latente está en el desarrollo de productos innovadores para el envasado, empaçado y embalaje, que bajo procesos eco-efectivos se logren re-integrar en los ciclos biológicos de corto tiempo. Esto responde a una necesidad de los mercados de consumo consciente que crecen aceleradamente y que son impulsados por regulaciones como la Responsabilidad Compartida/Extendida del Productor. Estos mercados actualmente buscan soluciones de producción masiva que responda a estos nuevos requerimientos técnicos.

- **Beneficios Sociales:** Mantener los empleos actuales, crear empleos nuevos de mayor calidad y el despliegue de proyectos de investigación en nanotecnología y desarrollo de materiales o pigmentos orgánicos. además, la cualificación de mano de obra y el desarrollo de conocimiento, instalación de competencias en articulación con las instituciones educativas para suplir esta necesidad de la industria.
- **Beneficios Ambientales:** Reducción de la contaminación de suelos, aire, y cuerpos de agua (vertimientos) principalmente. Incremento de las tasas de reaprovechamiento de estos recursos descartados y la contribución directa hacia procesos regenerativos mediante el diseño de materiales de envase, empaque y embalaje que se re-integren a la biósfera mediante ciclos biológicos de corto plazo y/o mediante mecanismos eco-efectivos que habilitan su re-valorización y re-uso en ciclos técnicos.

#### 4.5 Academia, investigación, innovación y emprendimiento

A continuación se presenta la matriz FODB de la academia, investigación, innovación y ecosistema de emprendimiento, que hoy representa un soporte de desarrollo tecnológico habilitante de la economía circular para México:

**Figura 7: Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Barreras de la academia, investigación, innovación y emprendimiento, con respecto a la hoja de ruta en economía circular para México**

Fuente: Elaboración propia.

Academia, investigación, innovación y emprendimiento		
FACTORES INTERNOS	OPORTUNIDADES	BARRERAS
FACTORES EXTERNOS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transición hacia la EC (ECO-EFICIENCIA) Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento energético de materiales descartados (W2E, biodigestión, etc)</li> <li>2. Sistemas informáticos para la gestión operativa eficiente, compras sustentables y re-valorización de materiales descartados</li> <li>3. Desarrollo de aerogeneradores de baja potencia (energía eólica) para uso residencial/industrial de pequeña escala</li> <li>4. Eco-Diseño de empaques, embalajes, envases con materiales No-tóxicos y que cumplan con la REP (Responsabilidad Extendida/Compartida)</li> <li>5. Política Pública que exija la inclusión de un % de material plástico recuperado en la fabricación de empaques, embalajes y envases</li> </ol>	<p>El Marco Regulatorio actual no define la figura para autogeneración con estas tecnologías al interior de la industrias</p> <p>Las industrias no tienen la gestión integrada hasta la re-valorización</p> <p>Hay poco desarrollo tecnológico al respecto</p> <p>Validación y certificación técnica de materiales en contacto con alimentos y otros usos de inocuidad y humedad</p> <p>El Marco Regulatorio no exige esto y está basado en el uso de materias primas vírgenes de la industria extractiva</p>
<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilidad de materiales descartados y costos de disposición que pueden ser abatidos por la generación energética</li> <li>Instrumentación en sectores de la transformación</li> <li>Régimen de vientos con potencial de aerogeneración en muchas regiones de México</li> <li>Infraestructura y personal especializado en materiales y diseño industrial</li> <li>Know how en el desarrollo de productos BIOPlásticos que eviten ser de "un-sólo-uso"</li> </ul>	<p><b>ESTRATEGIAS PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de caso y de factibilidad para parques industriales con potencial de aprovechamiento de flujos de agua/energía/materiales</li> <li>Sistematización de procesos en sectores industriales que ya cuentan con data real y construcción de indicadores de sostenibilidad y competitividad</li> <li>Desarrollo de prototipos para pruebas piloto en diferentes condiciones</li> <li>Desarrollo de prototipos para pruebas de humedad, inocuidad y manejo de alimentos u otros productos</li> <li>Vigilancia e Inteligencia de productos, regulaciones y mercados donde ya se comercializan productos que cumplen esta especificación</li> </ul>	<p><b>ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Impulsar Política Pública que permita autogenerar energía a partir del aprovechamiento energético de materiales descartados</li> <li>Diseño de un modelo piloto de Re-valorización de materiales descartados, que pueda ser integrado al sistema de gestión de las industrias</li> <li>Vigilancia e Inteligencia sobre modelos de negocio, diseño de aerogeneradores y condiciones regulatorias</li> <li>Documentando las pruebas a prototipos y formulando proyectos a través de convenios con organismos multilaterales y centros de investigación</li> <li>Comunicar los beneficios económicos y ambientales de estos productos.</li> </ul>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de estudios de factibilidad para la autogeneración con aprovechamiento energético de materiales</li> <li>No hay data integrada en las industrias y tienen procesos diversos</li> <li>Su producción a pequeña escala no es un modelo atractivo</li> <li>Falta de experiencia en desarrollo de empaques con materiales sustentables y No-tóxicos</li> <li>Modelo económico basado en la extracción de petróleo y sus derivados</li> </ul>	<p><b>ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Crear mercado de transferencia de materiales descartados</li> <li>Definición de indicadores clave en la gestión sustentable e iniciar un periodo de prueba de medición en industrias clave</li> <li>Articulación de Programas de financiamiento responsable/sustentable y diseño de programas de beneficios tributarios</li> <li>Proyectos piloto en alianza con startups, emprendimientos y empresas aliadas</li> <li>Vinculación con líderes y organizaciones que impulsaron la prohibición de los plásticos de "un sólo uso"</li> </ul>	<p><b>ESTRATEGIAS PARA DERRIBAR BARRERAS Y MITIGAR DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar en Alianza con SEMARNAT y SENER una Norma Mexicana la figura de autogenerador</li> <li>Documentar los resultados de las mediciones de prueba con indicadores de gestión sustentable e impacto económico</li> <li>Proyectos piloto en alianza con startups, emprendimientos y empresas aliadas</li> <li>Vinculación del equipo de desarrollo de prototipos, con industrias de interés y comunidades de diseño de producto sustentable</li> <li>Propuesta de Política Pública y normatividad habilitante</li> </ul>



Entre los factores más relevantes, para los centros de investigación, unidades de emprendimiento y organizaciones desarrolladoras de innovación, se encuentran:

- **Las oportunidades de Eco-Eficiencia** (transición de la economía lineal a la circular): 1) El desarrollo e implementación de tecnologías que permitan reaprovechar el potencial energético de aquellos materiales que actualmente son considerados como residuos y que están disponibles para su incineración o coprocesamiento, bajo estrictos sistemas de control de emisiones. 2) El desarrollo e implementación de tecnologías para la biodigestión o gasificación de biomasa disponible en rellenos sanitarios o sitios de disposición final, que faciliten la generación de energía con menores emisiones que las causadas por la quema de combustibles fósiles, en el escenario de transición hacia una matriz energética baja en emisiones. 3) Desarrollo tecnológico para el uso eficiente del agua y el saneamiento para habilitar su re-utilización en nuevos usos industriales, riego o uso doméstico, reduciendo la intensidad en el uso de agua potable.
- **Las oportunidades de Eco-Efectividad** (modelos y tecnologías que habilitan la adopción de la economía circular): 1) El desarrollo de tecnologías para la generación de energía renovable, tales como aerogeneradores de baja potencia, paneles termosolares, unidades de generación geotérmica, aprovechamiento del oleaje marino, entre otras. 2) La implementación de tecnologías de la industria 4.0 (como inteligencia artificial, internet de las cosas, blockchain [cadena de bloques], impresión 3D, etc) aplicadas a la eficiencia y producción sustentable, a la trazabilidad de los materiales, productos y servicios que habilite su recuperabilidad y re-incorporación a nuevos ciclos económicos, y a la creación de una cultura basada en el consumo consciente basado en datos de impacto. 3) La transferencia de conocimiento y la implementación de proyectos de ecodiseño aplicado al diseño de productos, componentes, empaques y nuevos materiales bajo los principios de la economía circular. 4) Al desarrollo de modelos de negocio circulares impulsados por prácticas basadas en la responsabilidad compartida con el consumidor, modelos de re-valorización de productos-componentes-materiales y de sistemas de información que dan trazabilidad en la responsabilidad, transparentando la gestión de la cadena productiva. 5) Incidencia y acompañamiento al desarrollo de políticas públicas y regulaciones para la adopción de las nuevas tecnologías, modelos de negocio y establecimiento de parámetros de los mercados de re-valorización.
- **Las fortalezas para el impulso a la investigación, innovación y emprendimiento son:** 1) La infraestructura disponible, la capacidad instalada y la experticia desarrollada en los centros de investigación especializados en todo el territorio nacional, en las unidades de emprendimiento vinculadas a la academia y a entidades gubernamentales a través de programas de desarrollo y fortalecimiento empresarial, en los ecosistemas de innovación donde ya se cuenta con una fuerte vinculación entre entidades gubernamentales, financieras, agencias de incubación y aceleración de negocios, empresas privadas y universidades. 2) El acceso a los recursos naturales y no-naturales de los que dispone México, que son potencialmente aprovechables por un modelo de desarrollo sustentable, tales como: la radiación solar, el régimen de vientos para generación eólica en alta y baja potencia, la capacidad de generación



geotérmica en la región norte del país y los volúmenes de materiales disponibles, que son descartados bajo denominaciones como RSU, RME, RAEE y RCD. 3) Personal especializado y laboratorios para el desarrollo de nuevos materiales para la creación de productos circulares y para el desarrollo de la industria de los bioplásticos u otros sub-productos.

- **Las principales debilidades están en:** 1) La falta de integración en los datos de las diferentes industrias y su vinculación con los hábitos de consumo del mercado, tanto a nivel organizaciones, como consumidores. 2) No se cuenta con estudios de factibilidad desarrollados para proyectos circulares, definidos bajo conceptos de financiamiento climático, circular o de inversión responsable, lo que limita las condiciones de competencia frente a proyectos convencionales que se viabilizan sin ponderar los pasivos socio-ambientales o las externalidades durante su vida útil. 3) La falta de escalamiento de proyectos circulares o tecnologías limpias que han sido desarrolladas solamente a nivel de prototipo y producto mínimo viable. 4) Falta experiencia en el ecodiseño de productos, componentes, empaques y materiales bajo principios de la economía circular. 5) La dependencia de la industria y economía mexicana en la producción de hidrocarburos y sus derivados.

Los principales beneficios que la investigación, innovación y desarrollo de procesos de emprendimiento puede generar, se tiene:

- **Beneficios Económicos:** Desde una perspectiva académica e investigación, el desarrollo tecnológico de materiales, sustancias, nanotecnología y tecnologías de la cuarta revolución industrial aplicadas a soluciones industriales, son un motor de productividad y competitividad que debe pasar de la optimización o eco-eficiencia de la linealidad de la producción actual, hacia la re-configuración de procesos industriales eco-efectivos que maximice el valor de las empresas. Desde la perspectiva del emprendimiento y la innovación, se tiene la creación de innumerables empresas nuevas que ofrezcan al mercado y a la industria, soluciones tecnológicas, productos y servicios creados desde los principios de la economía circular. Por evidencia en diversas industrias, se sabe que la inversión en investigación e innovación genera grandes rentabilidades en el mediano y largo plazo, razón principal por la que debe darse un despliegue acelerado de proyectos que satisfagan las necesidades de las industrias en México. Adicional a esto, están los programas, instrumentos de financiamiento y mecanismos de co-inversión que apuesta por el desarrollo de estos negocios verdes, viabilizando en plazos cortos, estas apuestas.
- **Beneficios Sociales:** Al desarrollar proyectos de investigación e innovación se generan tres beneficios sociales de manera colateral: 1) oportunidades de educación y especialización, 2) oportunidades de empleo de mayor calidad y mayor cualificación y 3) acceso a becas y fondos para la transferencia de conocimiento. En paralelo, desde el emprendimiento se crean nuevas empresas y con ello nuevos empleos de mayor calidad, se abren industrias nuevas que demandan nuevas formas de trabajo y se crean diversos circuitos económicos que robustecen la oferta de productos/servicios del país al tiempo que mitiga la dependencia de sectores que están perdiendo competitividad como es el caso de la industria de los hidrocarburos.



- **Beneficios Ambientales:** Desarrollo de productos y servicios que aportan en la mitigación de impactos socio-ambientales de las industrias más contaminantes y desarrollo de modelos de negocio que transforman el comportamiento del consumidor, convirtiéndolo en actor clave de la cadena de retorno de los flujos de materiales, principalmente. Para el corto plazo, la implementación de medidas eco-eficientes que mitiguen impactos en la transición de las industrias de la linealidad hacia un modelo circular, y para el mediano plazo, el despliegue de soluciones eco-efectivas que habiliten industrias sustentables que operen dentro de los principios de la economía circular.



## 5. Conclusiones y recomendaciones para la adopción de una hoja de ruta en economía circular desde la perspectiva sectorial

Con base en los hallazgos obtenidos durante las entrevistas con los líderes de los sectores clave y con el análisis del contexto actual de la economía de México, desde una perspectiva que articula a la agenda de mitigación al cambio climático y la transición hacia una economía baja en carbono, en este apartado se presentan las **estrategias para el aprovechamiento de oportunidades sectoriales** y se dan **recomendaciones para derribar las barreras** actuales y acelerar la adopción de la economía circular.

Estas conclusiones y recomendaciones y conclusiones representan un insumo relevante a ser tomado en cuenta en la elaboración de la hoja de ruta de economía circular para México.

### Industria Metalúrgica y Siderúrgica

El análisis de la matriz FODB para este sector, nos arroja un balance entre las oportunidades identificadas desde una perspectiva de transición hacia la economía circular, y aquellas barreras que deben ser derribadas para maximizar los beneficios.

A continuación, se presenta este resumen:

- **Estrategia de Re-Valorización de flujos de materiales** (potencial de aprovechamiento de 6 Millones de ton/año en recursos minerales y metales (CONIMER, 2020)): Se deberá desarrollar un marco normativo y las políticas públicas respectivas, que impulsen el despliegue y la habilitación de infraestructura y de aquellos mecanismos para la recuperación de flujos de materiales y su intercambio bajo condiciones de un mercado que priorice la revalorización de éstos, de acuerdo con su grado de calidad y en cumplimiento de los parámetros técnicos para su re-incorporación en nuevos ciclos o en procesos industriales específicos.
- **Estrategia de Simbiosis Industrial** (transferencias de agua, energía y flujos de materiales descartados): Para acceder al desarrollo de proyectos y el despliegue tecnológico que permita implementar prácticas productivas bajo un enfoque de simbiosis industrial, se debe priorizar la creación de un marco que brinde certidumbre jurídica para la articulación de los diferentes actores y sectores de la industria. De esta manera, se podrá facilitar e incentivar la co-conversión en tecnología limpia y en infraestructura necesaria para compartir y maximizar el aprovechamiento de los flujos de energía, agua y materiales descartados por una industria específica, pero que son recursos clave para las industrias cercanas.
- **Estrategia de Implementación de tecnologías de la Industria 4.0:** Estas tecnologías generan tres beneficios directos en materia de competitividad y sustentabilidad: a) impulsan la eficiencia y la productividad mediante instrumentos de monitoreo y control; b) transparentan la gestión socio-ambientalmente responsable a través de la generación de datos e indicadores estratégicos, lo que además asegura el cumplimiento normativo; c) entregan



datos e información relevante para la toma de decisiones estratégicas y para la identificación de potenciales negocios nuevos por desarrollar bajo un enfoque de economía circular, como es la creación de nuevo productos y mercados para su re-valorización. Para aprovechar esta oportunidad, es necesaria la implementación tecnológica y el desarrollo de proyectos que requieren altas inversiones; Para ello, se deben diseñar programas de incentivos fiscales e instrumentos financieros que contribuyan con la viabilidad financiera, ofrezcan tasas de interés y periodos de gracia atractivos, recortando los tiempos de retorno a dichas inversiones en tecnología limpia.

- **Estrategia de. Eficiencia energética y consumo de energía renovable (Certificados):** Actualmente, esta industria genera alrededor del 22% de las emisiones de GyCEI (SEMARNAT, 2019b), de las que existe un alto potencial de mitigación mediante estrategias como: a) Implementación de tecnología para la eficiencia energética y de infraestructura para el aprovechamiento de gases de proceso en otras etapas “aguas abajo”; b) Co-generación energética con fuentes limpias y renovables, dentro de los parques industriales, para suplir necesidades operativas secundarias y administrativas. Los mecanismos habilitantes para el despliegue de proyectos con este enfoque, están relacionados directamente con la certificación del consumo de energías renovables y los beneficios financieros que éstos generan, así como con la certeza jurídica que asegure la rentabilidad de las inversiones de largo plazo en la implementación de estas tecnologías, tanto para autoconsumo, como para la entrega de excedentes al sistema nacional o para el intercambio con otros sectores industriales (entre actores privados).
- **Estrategia de Reducir la dependencia en las importaciones de materia prima (metales y minerales):** A pesar de que México es un país con disponibilidad de esta clase de recursos (metales y minerales), actualmente existe una dependencia importante en la importación de materias primas (ver balanza comercial INEGI, 2020), la que podría ser mitigada mediante la recuperación y re-incorporación de minerales que son descartados y depositados en rellenos sanitarios y otros sitios de disposición final. Una barrera para transformar esta realidad, está en la ausencia de una estrategia multisectorial a través de la que las diferentes industrias dependientes de estas materias primas, prioricen el suministro en el mercado nacional. La mayor barrera está en el precio de adquisición (bajo prácticas denominadas como “dumping”), ante el que el proveedor nacional es vulnerable y poco competitivo. Sin embargo, bajo una estrategia a nivel macro y con un proyecto que asegure la disponibilidad de estas materias primas recuperadas (que cumplen a cabalidad con las calidades y exigencias requeridas para cada segmento productivo), además de reducir la dependencia en la importación, se crearán excedentes exportables a mercados donde actualmente existen tratados de libre comercio con importantes incentivos en la comercialización de estos bienes, como es el caso del tratado con América del Norte, también conocido como T-MEC.



## Industria Cementera

El análisis de la matriz FODB para este sector, nos arroja un balance entre las oportunidades identificadas desde una perspectiva de transición hacia la economía circular, y aquellas barreras que deben ser derribadas para maximizar los beneficios.

A continuación se presentan algunas estrategias para este fin:

- **Estrategia de Descarbonización del proceso productivo:** Se deberá desarrollar un marco normativo, las políticas públicas respectivas y los mecanismos fiscales para: a) incrementar la proporción de combustibles alternativos en la mezcla de combustible para el proceso de calcinación para alcanzar los 2,000° C; b) Impulsar la implementación de tecnologías eficientes y limpias dentro de otros procesos de producción que garanticen mejoras en eficiencia energética/hídrica, auto-generación de energía renovable y el saneamiento y re-aprovechamiento del recurso hídrico.
- **Estrategia de Simbiosis Industrial:** Se deberá desarrollar estudios técnicos encaminados a la elaboración de hojas de ruta de desarrollo de proyectos de simbiosis industriales con otras industrias. En esta, se deberá incluir los mecanismos habilitantes necesarios que aseguren certeza jurídica y la disponibilidad de los recursos a intercambiar, tales como convenios intersectoriales, alianzas público privadas, programas de investigación con la academia, entre otros.
- **Estrategia de Nuevo mercado de materiales de construcción:** Para la creación de un nuevo mercado, primero se debe establecer una norma técnica que clasifique los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas, calidad y otras especificaciones técnicas, en alineación a usos específicos, y que posteriormente, permita re-valorizarlos bajo parámetros de mercado, según la clasificación; Además, se debe realizar un estudio de evaluación de la infraestructura, modelos de negocio existentes y entidades que actualmente podrían operar un circuito económico de recuperación de materiales, asegurando el suministro continuo. El desarrollo de una plataforma digital podría impulsar la creación de este nuevo mercado de intercambios, mediante la conexión de oferta y demanda en las diferentes regiones del país, para lo que puede tomarse como caso de referencia, la experiencia de Austin Materials Marketplace, que en pocos años se ha consolidado incluso en varios estados de la Unión Americana, creando nuevos empleos y mitigando impactos socio-ambientales en esta industria.
- **Estrategia de Impulso a la investigación y al emprendimiento:** El sector cementero como industria ancla de la economía, representa a un encadenamiento productivo dentro del que se han venido desarrollando nuevos modelos de negocio sustentables y de base tecnológica. Al mismo tiempo, desde la academia se han desarrollado proyectos de investigación para el desarrollo de nuevos materiales, productos y procesos constructivos con la incorporación de nuevas tecnologías como BIM, internet de las cosas, inteligencia artificial, entre otras. Bajo este enfoque de innovación y desarrollo de investigación, la industria cuenta con un alto potencial para el desarrollo de proyectos circulares tanto en su proceso productivo, como para desarrollar una nueva oferta para el mercado de la construcción, lo que se podrá lograr a través



de la vinculación entre estos sectores y mediante programas que impulsen el emprendimiento, dando como resultado la creación de nuevos mercados, patentes, empresas y empleos de calidad.

### Industria Química

El análisis de la matriz FODB para esta industria, nos da el siguiente balance entre las oportunidades identificadas desde una perspectiva de transición hacia la economía circular, y aquellas barreras que deben ser derribadas para maximizar los beneficios:

- **Estrategia de Innovación y desarrollo de nuevos productos:** Para el desarrollo de nuevos materiales, productos y sustancias bajo los principios de la economía circular, se deberá priorizar la creación de alianzas estratégicas y convenios con otras industrias y entidades gubernamentales clave. El desarrollo de investigación y el prototipado de productos de consumo final, fabricados con componentes que esta industria deberá suministrar, requiere de la creación de acuerdos estratégicos con estas marcas, que permita articular los insumos de la inteligencia de mercado con el desarrollo de nuevas materias primas y el ecodiseño de los productos a comercializar, conceptualizados bajo estrategias de durabilidad, reparabilidad, des-ensamblaje, re-acondicionamiento y re-ensamblaje.
- **Estrategia de Comunicaciones para la Sustentabilidad:** La transformación de un sistema productivo hacia la sustentabilidad está estrechamente relacionado con la transformación del consumo final hacia prácticas conscientes. Una oportunidad para que el sector mitigue la presión que el mercado actual ejerce a través de la competencia por el menor precio, está en la creación de una cultura hacia el consumo de productos diseñados y fabricados bajo los principios de la economía circular que posteriormente son entregados al mercado mediante modelos de negocio que permite su re-valorización tiempo a tiempo. Con esto se logra satisfacer la necesidad del usuario final por medio de productos y servicios de mayor calidad, se compensa el sobre-precio (si lo hay), y se le fideliza a través de una nueva forma de relación productor-consumidor (denominada prosumidor) donde existe un intercambio continuo de valor mediante el producto que se adquiere o los componentes que se retornan a la cadena de producción. Adicionalmente, se comunican los impactos socio-ambientales mitigados y los indicadores que generan beneficios, tales como la creación de empleo, la competitividad, los valores de marca sustentable, entre otros.
- **Estrategia de Nuevas Políticas Públicas:** Por la influencia e importancia que la industria química tiene en la economía mexicana, tendrá un rol fundamental en el acompañamiento técnico para el desarrollo de la normatividad y políticas públicas que habilite la transición hacia una economía circular. El desarrollo de nuevas sustancias, materiales y productos no-tóxicos (ni para el consumo humano ni para el planeta) serán principios prioritarios que deberán quedar reflejados en las nuevas disposiciones regulatorias por un lado, y que, gradualmente deberán prohibir la producción de sustancias tóxicas, empaques de un solo uso que no pueden ser biodegradados, compostados o re-aprovechados en nuevos ciclos productivos.



## Industria del papel y cartón

El análisis de la matriz FODB para esta industria, nos arroja un balance entre las oportunidades y barreras que deben ser derribadas para maximizar los beneficios, en un escenario de transición hacia la economía circular.

A continuación se presenta de manera resumida:

- **Estrategia de Inteligencia del negocio hacia la sustentabilidad:** En primera instancia se recomienda realizar un estudio para la identificación de tecnologías limpias aplicadas al sector del papel en otros países o mercados con similitudes a las de México y la industria nacional. En segunda instancia, identificar el desarrollo de nuevos productos bajo principios de economía circular y los modelos de negocio mediante los que son entregados al mercado de consumo masivo. Posteriormente, plantear una metodología de evaluación de proyectos circulares, donde la viabilidad financiera sea determinada por parámetros relacionados con aquellos instrumentos financieros basados en criterios de inversión responsable o sustentable y en los beneficio fiscales de su implementación; asimismo, deberá incluirse los costos y pasivos socio-ambientales que reflejen los impactos económicos de la implementación de tecnologías convencionales y proyectos bajo un enfoque de “*business-as-usual*”. Finalmente, realizar un mapa de organismos multilaterales, entidades financieras y entidades gubernamentales que podrían facilitar el acceso a fondos climáticos, circulares o verdes, para el despliegue de los proyectos circulares priorizados.
- **Estrategia de Encadenamiento productivo sustentable:** Ante un escenario de recuperación económica Post-COVID y la transición hacia la economía circular del sector del papel y cartón, esta industria deberá asumir un liderazgo en la vinculación de toda la cadena de valor para la re-definición de la oferta de productos, servicios y empaques en un mercado que ya inició su tránsito hacia prácticas de consumo consciente y responsable. Además, deberá acompañar de cerca, la elaboración de las políticas públicas y normatividad respectiva a la adopción de modelos de producción sustentable, la implementación del ecodiseño de productos y el despliegue de modelo de negocio circulares que incorporen nuevos actores en el encadenamiento (tales como empresas de recuperación, reparación, re-acondicionamiento, etc) con ayuda de las tecnologías de la industria 4.0.
- **Estrategia de Cultura de Consumo Consciente y Responsable:** El liderazgo de la industria debe desarrollar un fuerte componente hacia la creación de una cultura de consumo responsable y consciente, que por un lado facilite las nuevas prácticas de consumo ligadas al retorno de materiales al encadenamiento productivo bajo conceptos como la responsabilidad extendida del producto (o responsabilidad compartida), y que por otro vaya re-encauzando la satisfacción de las necesidades del consumidor mediante productos sustentables de mayor valor agregado y rentabilidad para el sector.



## Academia, Investigación, Innovación y Emprendimiento

A continuación se presenta el análisis de la matriz FODB para el desarrollo de soluciones circulares que reconfiguren nuestra economía hacia la sustentabilidad:

- **Estrategia de Desarrollo tecnológico:** Como ya se mencionó, México cuenta con gran capacidad instalada para el desarrollo de proyectos de investigación e innovación como punto de partida. El mayor desafío está centrado en lograr una fuerte vinculación multisectorial que facilite las condiciones (financiamiento, validación y escalamiento) para que el desarrollo tecnológico satisfaga las necesidades de la industria y mercado nacional, en alineación con los principios de la economía circular y con las mejores prácticas de producción sustentable, con lo que se impulse la competitividad de los diferentes sectores industriales. Como consecuencia natural de este proceso, México podrá posicionarse como líder regional en la adopción de este modelo económico, como generador de patentes y en la transferencia tecnológica y de conocimiento a otros países vecinos. La riqueza de recursos naturales y no-naturales representa una ventaja de competitividad que deberá ser empleada como fuente de crecimiento económico, sin comprometer su renovabilidad, para ello es prioritario desarrollar tecnología bajo criterios regenerativos y restaurativos que asegure su disponibilidad en el tiempo. Finalmente, cabe enfatizar que en varios de los tratados de libre comercio en los que México participa, existen capitulaciones que impulsan lo negocios e incentivan el desarrollo de tecnologías limpias que contribuyen con la mitigación del cambio climático y que re-valorizan materiales que son recuperables.
- **Estrategia de Marco Regulatorio para a economía circular:** Tanto la academia, como los investigadores, consultores independientes y emprendedores que han desarrollado soluciones sustentables de manera independiente, deberán participar activamente en el acompañamiento técnico de las regulaciones, políticas públicas y normatividad, quedando reflejado el conocimiento especializado que acelere la adopción de un modelo de desarrollo sustentable en las diferentes industrias y mercados de consumo. Asimismo, deberán dar estricto seguimiento a la restricción de prácticas y actividades productivas que van en detrimento de la conservación o renovabilidad de los recursos naturales y no-naturales, así como de la sobre-explotación y extracción intensiva de éstos.
- **Estrategia de Desarrollo de proyectos piloto:** En el actual contexto donde los fondos y programas de financiamiento climático están siendo liberados para impulsar el desarrollo de proyectos sustentables, el ecosistema de investigación e innovación deberá identificar, de la mano de las industrias, aquellas áreas de desarrollo con mayor oportunidad y generar una agenda u hoja de ruta para el despliegue de proyectos piloto que posteriormente serán replicados y escalados. El avance en investigación e innovación es un vehículo para el liderazgo regional, el desarrollo de competitividad y la creación de nuevas oportunidades de mercado.
- **Estrategia de Creación de nuevos mercados, empresas y empleo de calidad:** El ecosistema de investigación e innovación actualmente cuenta con soluciones sustentables desarrolladas a medida de industrias específicas, lo que debe ser



consolidado en un padrón que facilite la articulación entre las autoridades e industrias que demandan estas soluciones y aquellas empresas (creadas para ello) o centros de investigación a cargo. Esta re-configuración basada en la cooperación y en el desarrollo sustentable de los territorios donde operan las industrias, es el punto de partida para el planteamiento o la implementación de soluciones que un primer nivel se desarrollan como proyectos piloto o prototipo, y que una vez que son avalados con resultados relevantes, son replicadas y escaladas. Esta dinámica de investigación-innovación facilita la creación de nuevos mercados basados en la satisfacción de necesidades a través de una nueva oferta de productos o servicios para el consumo final, lo que a su vez requiere de la creación de empresas especializadas y por tanto, de la creación de empleos de mayor calidad y calificación. A nivel comunitario, este circuito económico genera una economía local, que se fortalece mediante el aseguramiento de los insumos de los que depende la producción, a través de la recuperación cíclica de materiales y de otros recursos que se van renovando una y otra vez. El ecodiseño de estos productos y servicios de consumo final predefine la necesidad de crear nuevos modelos de negocio que requieren del encadenamiento de actores nuevos para la recuperación, reparación, desensamble, re-manufactura, re-acondicionamiento, re-ensamble y servitización<sup>6</sup> de éstos. En otras palabras, la re-activación económica de las comunidades cercanas a las industrias principales a través de la aplicación de las tecnologías y de los desarrollos de innovación, centradas en el desarrollo sustentable y el bienestar social.

Siguiendo los resultados del análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y barreras, se emiten las siguientes **recomendaciones para acelerar la transición y adopción de un modelo de economía circular a nivel país:**

1. Formar **mesas técnicas donde especialistas de las cámaras sectoriales emitan conceptos** sobre las regulaciones, normas y especificaciones técnicas en la vía de reformarlas bajo una perspectiva de economía circular.
2. Realizar **talleres sobre economía circular, industria 4.0 e innovación** para empresarios, funcionarios públicos e instituciones de investigación con el fin de establecer un lenguaje común e impulsar la articulación multisectorial.
3. Construir una **estrategia de comunicación sobre las oportunidades de la economía circular** como modelo de desarrollo sustentable y competitividad. Esta estrategia debe definir las claves de comunicación para que sean utilizadas por los diversos actores y sectores en sus comunicaciones institucionales.
4. Diseñar y desarrollar una **plataforma para el intercambio de flujos de recursos descartados y de activos ociosos** como servicios, conectando a quienes tienen una necesidad de uso puntual y a quien puede proveer el servicio y/o re-valorizar su producto o componente disponible.
5. **Atraer hacia la hoja de ruta**, a aquellos centros de investigación, innovación, emprendimiento, incubadoras y aceleradoras de negocios, inversionistas

---

<sup>6</sup> El término SERVITIZACIÓN se refiere a la facilitación de un producto bajo un modelo de negocio de renta o alquiler como servicio. Un ejemplo de esto, es sustituir la compra de un automóvil y adquirir un servicio de movilidad de Punto A a punto B, pagando sólo por el viaje a una tarifa \$/km o \$/tiempo. También se le denomina "Producto-como-Servicio".



- (capitales de riesgo) y fondos de inversión de alto impacto para explorar mecanismos disponibles para desarrollo de nuevos negocios e innovación.
6. **Desarrollar un robusto Marco Regulatorio** fundamentado en los principios de la economía circular tanto a nivel federal, como a nivel estatal y municipal, con la participación y validación técnica de los sectores industriales y académico. Este mecanismo habilitante de la economía circular deberá contar con metas ambiciosas de transición, pero ad hoc a la realidad de las industrias mexicanas.
  7. **Generar un padrón o inventario** de proyectos piloto, modelos de negocio o empresas que bajo los principios de economía circular ya operan en el país y que cumplen con criterios de alta rentabilidad, fácil replicabilidad alto grado de escalabilidad.



## 6. Bibliografía

AINIA.es (2018). Hacia la economía circular del agua: 4 líneas de trabajo. Disponible en: <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/economia-circular-agua/>.

Alaerts, L., Van Acker, K., Et. Al. (2020). Towards a circular economy. Disponible en: <https://vlaanderen-circulair.be/en/summa-ce-centre/publications/towards-a-circular-economy-monitor-for-flanders-a-conceptual-basis>.

AMDEE (2019). El Potencial Eólico Mexicano: oportunidades y retos del nuevo sector eléctrico. Asociación Mexicana de Energía Eólica. 2019. Disponible en: <https://ciep.mx/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento/>

AMDEE (2020). Portal web de la Asociación Mexicana de Energía Eólica. Disponible en: <https://www.amdee.org>

ASOLMEX (2020). Asociación Mexicana de Energía Solar. Disponible en: <https://www.asolmex.org/gaceta/junio2019.html>

AMM (2020). Austin: Developing the Materials Marketplace. Creating new value and saving city and business costs. Disponible en: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Austin\\_-Case-Study\\_Mar19.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Austin_-Case-Study_Mar19.pdf).

Banco Interamericano de Desarrollo (2019). Potencial de energías renovables de la ciudad de México. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-energia-solar-el-potencial-de-la-ciudad-de-mexico/>

Benton, D. Hazell, J. (2015). The Circular Economy in Japan. Disponible en: <https://www.theies.org/analysis/circular-economy-japan> (accessed on 7 March 2016).

Boulding, K. E. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. in Jarrett, H. (ed.) Environmental quality in a growing economy: Essays from the sixth RFF forum, New York, RFF Press. Páginas 3–14.

CEPAL/OIT (2019a). Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe: Sostenibilidad medioambiental con empleo en América Latina y el Caribe. Octubre de 2018, Número 19.

CEPAL/OIT (2019b). Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe: El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: antiguas y nuevas formas de empleo y los desafíos para la regulación laboral. Mayo de 2019, Número 20.

Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (CIEP, 2019). Energía solar en México: su potencial y aprovechamiento. Disponible en: <https://ciep.mx/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento/>

CONIMER (2020). Confederación Nacional de Industriales de Metales y Recicladores CONIMER. 2018. Disponible en: <https://www.ambienteplastico.com/residuos-expo-2020-el-potencial-negocio-del-reciclaje-en-mexico/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20informaci%C3%B3n%20de,sin%20contar%20la%20basura%20org%C3%A1nica>.



CTCN-UNIDO (2020). Reporte 3.1 Análisis de los beneficios percibidos de la Economía Circular en México. Proyecto: Evaluación de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta para Brasil, Chile, México y Uruguay.

Dasgupta, P. y Heal, G. (1979). *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge: Cambridge Economic Handbooks.

Diario Oficial de la Federación (2018). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última Reforma DOF 19-01-2018.

El Colegio de México (2020). Subastas de Mediano y Largo Plazo en el sector eléctrico en México: Avances a la fecha y participación en las perspectivas de la generación en el periodo 2018-2020. El Colegio de México, Publicación del Programa de Energía, año 5, número 7, enero 2020. Disponible en: [https://programaenergia.colmex.mx/images/Articulos/Foro-Energético\\_7.pdf](https://programaenergia.colmex.mx/images/Articulos/Foro-Energético_7.pdf)

Ellen MacArthur Foundation (2015). *Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers*. London. Disponible en: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_PolicymakerToolkit.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf).

Entrepreneur (2019). Las máquinas de BioBox de estos emprendedores te dan premios por reciclar tus botellas de PET, Entrepreneur, 2019. Disponible en: <https://www.entrepreneur.com/article/323099>.

European Union (2019) Assessing Sustainable Development in the European Union. Doi: 10.2785/44964. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7a3df905-a773-11e9-9d01-01aa75ed71a1/language-en>.

European Union (2015). Plataforma de Ecoinnovación. Comisión Europea [https://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/projects/en/project-search?field\\_project\\_duration\\_value%5Bdate%5D=22/05/2009&field\\_project\\_duration\\_value2%5Bdate%5D=12/05/2018](https://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/projects/en/project-search?field_project_duration_value%5Bdate%5D=22/05/2009&field_project_duration_value2%5Bdate%5D=12/05/2018).

Forbes México (2020). Industria Solar. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/industria-solar-suma-8500-mdd-de-inversiones-en-mexico/>

Geng, Y.; Zhu, Q.; Doberstein, B.; Fujita, T (2009). Implementing China's circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China. *Waste Management Journal* 2009, 29, pp. 996–1002.

Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114, 11-32. DOI:10.1016/j.jclepro.2015.09.007

GIZ (2019). Consumo Sustentable y Reciclaje de Residuos Electrónicos en México y Alemania. Agencia de Cooperación Alemana GIZ, 2019. Disponible en: <http://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Consumo-sustentable-y-reciclaje-de-residuos-electr%C3%B3nicos-M%C3%A9xico-y-Alemania.pdf>

Greenpeace (2019). RECICLAR: La Falacia de la industria en la lucha contra la contaminación plástica, Greenpeace México y Alianza México Sin Plástico, 2019. Disponible en: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2617486/Greenpeace/templates/pages/alianza/resum>



en-ejecutivo-reciclar-la-falacia-de-la-industria-en-la-lucha-contra-la-contaminacion--  
plastica.pdf.

Hertwich, E. (2003). The seeds of sustainable consumption patterns. Proceedings, 1st International Workshop on Sustainable Consumption in Japan, Society for Non-Traditional Technology, Tokyo 19- 20 May 2003. Disponible en: [via https://www.aistriss.jp/old/lca/ci/activity/project/sc/report/030319\\_document/S1-1-Hertwich.pdf](https://www.aistriss.jp/old/lca/ci/activity/project/sc/report/030319_document/S1-1-Hertwich.pdf) (accessed on October 2, 2018).

IRENA (2020). HUB DE ENERGÍA: Plataforma colaborativa para intercambio de información y datos sobre energía renovables para Latinoamérica. IRENA, Banco Interamericano de Desarrollo, CEPAL.

IRENA (2018), Global energy transformation: a roadmap to 2050.

Ji, X.; Zhang, Y.; Hao, L. (2012). Analyses of Japanese circular economy mode and its inspiration significance for china. J. Adv. Asian Soc. Sci. 2012, 3, 725–730.

Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. Resources Conservation & Recycling Journal 127, pp 221-232.

Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., y Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. Journal of Cleaner Production 175 (2018) 544-552.

Li, H.; Bao, W.; Xiu, C.; Zhang, Y.; Xu, H. (2020). Energy conservation and circular economy in China's process industries. Energy 2010, 35, pp. 4273–4281.

McDonough, W., y Braungart, M. (2002). Cradle to Cradle: Remaking the Way we make Things. London: Vintage Books.

México, Gobierno de la República (2014). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030. Septiembre de 2014.

México, Senado de la República (2019). Iniciativa con proyecto de decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, en materia de plásticos. 2019.

OCDE (2011). Hacia el crecimiento verde: un resumen para los diseñadores de política. 2011.

Pearce, D. y Warford, J. (1993). World Without End: Economics, Environment, and Sustainable Development. Oxford: Oxford University Press.

Pearce, D. y Turner, R. K. (1990). Economics of natural resources and the environment. The John Hopkins University Press.

Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., Hanemaaijer, A. (2016). Circular Economy: Measuring Innovation in Product Chains. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.

Rousseaux, P., Gremy-Gros, C., Bonnin, M., Henriel-Ricordel, C., Bernard, P., Flourey, L., Staigre, G., Vincent, P. (2017). "Eco-tool-seeker": a new and unique business guide for choosing ecodesign tools. Journal of Clean Production, 151, pp 546-577.



Sacchi Homrich, A., Galvão, G., Gamboa Abadia, L., Carvalho, M.M. (2018). The circular economy umbrella: trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Clean Production* 175, pp 525-543.

Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G. (2019). *Sustainable Development Report 2019*. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN). Disponible en: [https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2019/2019\\_sustainable\\_development\\_report.pdf](https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2019/2019_sustainable_development_report.pdf).

Schmidheiny, S. (1992). *Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment*. The Business Council for Sustainable Development. Disponible en: <https://www.wbcsd.org/Programs/People/Sustainable-Lifestyles/Resources/Changing-Course-A-global-business-perspective-on-development-and-the-environment>.

Schroeder et al. (2018). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12732>

SEMARNAT (2018). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2017-2018.

SEMARNAT (2019a). Informe de Medio Ambiente, Capítulo 7.

SEMARNAT (2019b). México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2017 INEGYCEI.

SEMARNAT (2019c). Visión Nacional Hacia una Gestión Sustentable: Cero Residuos. Enero 2019.

SEMARNAT (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR, 2020).

SENER (2019). La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México. Secretaría de Economía, Proméxico y Agencia de Cooperación Alemana GIZ, 2017

SENER. "Hoja de Ruta en materia de eficiencia energética". Enero 2017.

SENER (2016). Prospectiva del sector eléctrico 2016-2030.

Shi, L.; Xing, L.; Bi, J.; Zhang, B. (2006). Circular economy: A new development strategy for sustainable development in China. In *Proceedings of the Third World Congress of Environmental and Resource Economists*, Kyoto, Japan, 3-7 July 2006.

Stahel, W.R. (2010). *The Performance Economy*. Palgrave Macmillan.

Stahel, W. R. y Reday-Mulvey, G. (1981). *Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy*. New York: Vantage Press.

Su, Y.; Zhou, H. (2005). Promoting circular economy development a basic National Policy. *North. Economics* 2005, 1, pp.8-10.

The Hague Center for Strategic Studies (s/f). *Climate Change Vulnerability Index*. Disponible en: <http://projects.hcss.nl/monitor/70/>



The World Bank (2019). Proportion of seats held by women in national parliaments (%). Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SG.GEN.PARL.ZS>.

The World Bank (2019). Renewable energy consumption (% of total final energy consumption). Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicador/EG.FEC.RNEW.ZS>

UNEP (2014). Portal de la Plataforma de Eco-innovación. Organización de las Naciones Unidas, Programa para el Medio Ambiente. 2014. Disponible en: [https://ec.europa.eu/environment/ecoap/indicators/circular-economy-indicators\\_en](https://ec.europa.eu/environment/ecoap/indicators/circular-economy-indicators_en).

UNESCO (2015). Sierra Gorda hacia una economía de la conservación. Disponible en: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/UNESCO\\_Sierra\\_Gorda.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/UNESCO_Sierra_Gorda.pdf).

UNICEF (2016). 5 realidades sobre el agua y el cambio climático. Disponible en: <https://blogs.unicef.org/es/blog/5-realidades-sobre-el-cambio-climatico/>.



## ESTE REPORTE ES CARBONO NEUTRO

Factor neutraliza su huella de carbono y se ha convertido en la primera empresa española en certificar la neutralidad de sus emisiones bajo la norma PAS 2060.



La organización está inscrita en el Registro de Proyectos de Huella, Compensación y Absorción de Carbono del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España



Como demostración de su compromiso, Factor calcula la huella de carbono de cada proyecto y la compensa con unidades de valor oficiales en virtud del Protocolo de Kioto.

**Este proyecto será carbono neutro.**