



Cartilla de economía circular

Fundamentos y herramientas para su implementación

Transformación digital y analítica de datos

Tomo
Nº 4

Este documento ha sido elaborado por el equipo de profesionales del Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible CEID Colombia, la Fundación Konrad Adenauer (KAS), Basura Cero Global y Valopes.

Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible CEID Colombia

Carrera 7 # 237-04, Bogotá, D.C., Colombia

(+57-1) 4566853

ceidcorp_gr@ceidcolombia.org

www.ceidcolombia.org



Fundación Konrad Adenauer (KAS)

Calle 93B # 18 - 12, piso 7, Bogotá, D.C., Colombia

(+57-1) 7430947

www.kas.de/kolumbien



Basura Cero Global

Avenida Carrera 28 # 39 B-32, Bogotá, D.C., Colombia

(+57) 313081375

info@basuraceroglobal.com

www.basuraceroglobal.com



Valopes Digital Services

Bogotá, D.C., Colombia

(+57) 3152521791

octavio@valopes.com

www.valopes.com/



Director de la publicación:

Gilberto Rincón González. Director CEID Colombia

Contribuciones:

Stefan Reith. Representante Fundación Konrad Adenauer (KAS) en Colombia

Andrea Valdelamar. Coordinadora de proyectos, KAS, Colombia

Diseño y fotografía:

María Juliana Reina. More Studio

Corrección de estilo:

Raúl Mazo

Producción gráfica:

Pictograma Creativos S.A.S

www.pictogramacreativos.com

Primera edición

Bogotá, D.C., noviembre de 2020

Autores:

Carolina Borrero. Consultora, Valopes Digital Services

Ingeniera Ambiental, Máster en Ingeniería Ambiental.

carolina.borrero@valopes.com, (+57) 320 443 1778

Ricardo Bonilla, Director Analítica e Inteligencia de Negocios, Valopes Digital Services

Físico, Phd. Ingeniería Industrial

ricardo.bonilla@valopes.com, (+57) 300 3530827

Octavio Andrés Torres. Director, Valopes Digital Services

Ingeniero Industrial, Máster en Ingeniería de Energía y Procesos

octavio@valopes.com, (+57) 315 252 1791

Presentación Cartilla

Este documento presenta información clave y una síntesis sobre los aspectos relevantes asociados a la transformación digital y la analítica aplicada dentro del contexto de economía circular. Esta cartilla tiene como objetivo dar a conocer elementos característicos de la transformación digital, las herramientas y tecnologías disponibles, y cómo estas tienen la posibilidad de catalizar la transición hacia una economía circular. Adicionalmente, presenta una síntesis de las principales conclusiones y recomendaciones de los conferencistas nacionales e internacionales en la línea temática Transformación digital y analíticas, que participaron en el XIII Congreso Internacional de Medio Ambiente “Economía circular: políticas públicas, cooperación, innovación y emprendimiento”, realizado por el Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia, y la Fundación Konrad Adenauer (KAS) con el apoyo de W2W y Basura Cero Global, los días 19 y 20 de octubre de 2020.

Las opiniones expresadas y la información contenida en esta cartilla no reflejan necesariamente los puntos de vista y el pensamiento de la KAS, CEID, Valopes y Basura Cero Global.

Esta publicación ha sido elaborada como una guía o material de consulta y no constituye asesoramiento profesional. No se proporciona ninguna garantía, ni explícita y/o implícita, de la exactitud de las recomendaciones contenidas. En la medida permitida por la ley, el Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID Colombia, la Fundación Konrad Adenauer (KAS), Valopes y Basura Cero Global no aceptan ni asumen responsabilidad, obligación o deber de diligencia alguno por las consecuencias de que cualquier persona actúe o se abstenga de actuar, teniendo en cuenta la información aquí presentada.

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido con inclusión de la fuente y la autorización previa y expresa de los titulares.

Presentación KAS

Stefan Reith

Representante. Fundación Konrad Adenauer en Colombia

Aunque los efectos del cambio climático son ampliamente conocidos a nivel mundial, en Colombia todavía falta mayor conocimiento y sensibilización acerca de la protección del medio ambiente y la gestión de los riesgos ambientales. Más aun, existe un particular desconocimiento técnico acerca de cómo abordar problemáticas relacionadas con su cuidado y preservación.

Es por esto que la Fundación Konrad Adenauer (KAS) ha reafirmado durante los últimos años su interés en promover iniciativas que, por un lado, conduzcan a la formación y capacitación alrededor de estos temas, y por otro lado, contribuyan a su posicionamiento en la agenda pública.

Como resultado de este ejercicio, en el año 2020 decidimos apoyar una vez más al Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible, CEID, en la realización del XIII Congreso Internacional de Medio Ambiente “Economía Circular: políticas públicas, cooperación, innovación y emprendimiento”.

Como se sabe, la economía circular se ha convertido en un instrumento determinante en el uso de los recursos naturales y en la reducción de los impactos negativos en el cambio climático. Además, estimula la innovación, la competitividad y la sostenibilidad a través de la creación de materiales y productos que sirven para alimentar otras cadenas de valor, generando mayores aportes para un desarrollo realmente sostenible.

En el caso particular de Colombia, la implementación de la Estrategia Nacional de Economía Circular constituye un paso hacia adelante en la transformación de las cadenas de producción y consumo, y un

estímulo positivo en la creación de nuevos modelos de negocio que beneficien el cuidado y la protección del medio ambiente a través de optimizar, compartir, intercambiar, reciclar y regenerar materiales, agua y energía.

Sin duda, estos son temas que desde la KAS consideramos importantes, especialmente por la cantidad de retos que enfrentamos en materia ambiental. Y son, a su vez, asuntos que no requieren de una respuesta aislada, sino de la articulación con otros actores y herramientas a nivel nacional e internacional para potenciar sus efectos.

La publicación que aquí presentamos recoge los principales aportes y recomendaciones de los temas abordados en el XIII Congreso Internacional de Medio Ambiente, realizado el 19 y el 20 de octubre del año 2020. Y es también el resultado de la necesidad de promover iniciativas que incluyan a la economía circular como herramienta para potenciar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y fuente para enfrentar los efectos del cambio climático en el país.

Por esta razón, esperamos que las personas interesadas encuentren en este libro una herramienta que facilite la reflexión alrededor de estos temas, y que sirva de inspiración para avanzar hacia un modelo de producción y consumo sostenibles que incluya propuestas y soluciones innovadoras.

Finalmente, queremos agradecer y destacar la labor desarrollada por los autores de estas cartillas, y de manera especial el desempeño del equipo del CEID bajo el liderazgo de Gilberto Rincón, por sus aportes, esfuerzo y compromiso con este proyecto.

Contents

Presentación Cartilla	5
Presentación KAS	6
Introducción	8
Justificación	10
Contexto y antecedentes	12
Glosario	15
Organizaciones dirigidas por los datos (Data Driven Organizations)	17
Apropiación digital como factor clave dentro de las organizaciones dirigidas por los datos	19
Actualidad	23
Prospectiva de herramientas tecnológicas en la gestión de información de la economía circular	24
Transformación digital y analítica de datos	27
Tablero de transformación digital	29
Herramientas de gestión de datos ambientales necesarios para implementar una transformación digital	31
Metodologías de proyectos basados en datos	33
Transformación digital como potencializador de la economía circular	34
Recomendaciones	40
Conclusiones	42
Referencias	44

Tablas

Tabla 1. Descripción de tecnologías	21
Tabla 2. Pasos de la hoja de ruta y para acelerar la economía circular desde la transformación digital	25
Tabla 3. Ejemplos de tecnologías que potencializan la economía circular	37

Figuras

Figura 1. Tasa de cambio del efecto combinatorio; acelerador del progreso exponencial	12
Figura 2. Evolución en búsquedas de Google con el término "Transformación digital"	13
Figura 3. Evolución de las revoluciones industriales	20
Figura 4. Transformación digital acelerada por la COVID-19	23
Figura 5. Tecnologías utilizadas en la economía circular	26
Figura 6. Escalera de transformación digital	27
Figura 7. Pirámide del conocimiento	28
Figura 9. Data Mining	32
Figura 10. Caso de sistemas ciberfísicos	35
Figura 11. Estructura y componentes de sistemas digitales en caso de movilidad inteligente	35
Figura 12. Top 5, tecnologías en Estados Unidos (2018)	38
Figura 13. Top 5 tecnologías en Colombia (2017)	39

Introducción

Este documento presenta información clave a manera de síntesis, de las características importantes en transformación digital y analítica aplicada dentro del contexto de la economía circular. Su propósito es aportar a la comprensión de tendencias actuales en transformación digital, herramientas y tecnologías disponibles y cómo estas tienen la posibilidad de fomentar la transición hacia una economía circular.

La transformación digital es la tendencia actual relacionada con la utilización y el "buen uso" de la tecnología, como activadora y facilitadora de procesos tanto económicos como sociales. En particular se habla de transformación digital organizacional en el sentido de que han sido

las empresas las que, a través de productos o servicios, con alto grado de participación de la tecnología, han visto crecer sus beneficios.

Si bien las empresas siempre han observado beneficios a escala de la implementación de nuevas tecnologías, la tecnología se asociaba principalmente con los métodos productivos en los que los insumos son transformados en productos, ya fueran bienes o servicios. Se habla de transformación digital organizacional cuando las empresas reconocen que la tecnología genera crecimientos a escala en todas las áreas:



• Operaciones



• Ambiental



• Finanzas



• Talento humano



• Mercadeo



• Legal



Uno de los objetivos de esta cartilla es señalar oportunidades para generar beneficios con crecimientos a escala al aplicar los conceptos base de la transformación digital en gestión ambiental y economía circular.

En la transformación digital se habla de un buen uso de la tecnología en el momento en el que esta se comprende, y se proponen ideas de mejora a partir de ella. Cuando la tecnología empieza a utilizarse de forma transversal en una empresa y esta propende a identificarla para cada área, se habla del uso de la tecnología; no obstante, el “uso” no es suficiente falta “hacer buen uso” de ella.

Un ejemplo del uso y buen uso de la tecnología es la transformación de procesos de comunicación en papel por procesos de comunicación en formato digital. A esto se le ha denominado, en muchas empresas, procesos de “Cero papel”, en los cuales se reemplazan procesos físicos de comunicación en el papel por procesos tecnológicos como la digitalización y los reportes en línea.

De acuerdo con lo anterior, implementar un cambio, al reemplazar un proceso físico por uno digital, es una buena práctica de uso de la

tecnología; adicionalmente, mejorar los procesos de eficiencia en el consumo de materiales, y otros recursos claves como energía y agua por fuente al igual que en la gestión de excedentes y subproductos por parte de las organizaciones, siendo este un aspecto clave dentro de la economía circular para dar coprensición sobre oportunidades y eficiencias dentro de la operación. Para un uso eficiente de la tecnología se requiere aprovechar las oportunidades de un reporte digital o analíticas avanzadas; por ejemplo, los paneles de control interactivos que se actualizan en tiempo real; estos permiten aprovechar las posibilidades que brinda un formato digital de comunicación y claramente van más allá de un reporte en formato “PDF”.

Es así como el marco general para una transformación digital eficaz consiste en dar alcance tanto a aspectos de implementación como de aprovechamiento de la tecnología. Actualmente, la transformación digital ya es un tema recurrente en las organizaciones y quienes la han iniciado han empezado a evidenciar los beneficios, al punto que se habla de organizaciones dirigidas por los datos.

Justificación

La implementación de la economía circular es en principio un reto de información (Henning & Holger, 2017)

En la actualidad, combinar los conceptos de transformación digital y economía circular es cada vez más frecuente por el tipo de resultados que aportan. Por un lado, la economía circular (EC) aparece al advertir que existen recursos finitos que se están acabando y, por tanto, que es necesario implementar cambios en los procesos de producción y en el uso de materias primas. En la EC, un claro objetivo es disminuir el consumo de recursos naturales no renovables y reducir los impactos ambientales por generación de residuos y vertimientos. Por otro lado, la transformación digital aparece gracias al crecimiento de la

tecnología combinado con la necesidad de ser competitivos en el mercado (CONPES 3975 de 2018).

En la medida en que las empresas han combinado tecnología con la necesidad de implementar nuevos procesos han generado nuevas oportunidades, en particular en relación al uso y buen uso de los datos generados en el ejercicio. Un ejemplo se observa en las empresas que pasan de tener su información relativa a residuos en documentos aislados (papel, archivos de Excel, etc.) a disponer de softwares especializados que estructuren sus datos, permitan la gestión de la información, facilitando el acceso para los tomadores de decisiones.

Matrimonio economía circular y transformación digital

En esta relación, la economía circular establece el reto: aumentar la eficiencia en el uso de insumos (materia y energía) y generar valor, al mismo tiempo que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI-CO2), entre otros impactos ambientales. Al respecto, la transformación digital plantea una alternativa a partir de la tecnología, en particular en el uso intensivo de datos e información.



- **La transformación digital habilita a las empresas a tener transparencia, eficiencia y conveniencia de la información para la toma de decisiones, elementos que pueden llegar a ser estrategias de sostenibilidad y/o economía circular (EIT Climate - KIC, 2018).**



La simple digitalización de los procesos manuales hace posible que el consumo de recursos naturales se vea disminuido: el uso de tecnologías inteligentes ayuda a que el consumo de energía sea menor y se aumente la eficiencia en el aspecto logístico. La digitalización, al dar acceso a la información acerca del flujo de trabajo, tal como consumo de recursos, generación de impactos ambientales, tiempos de producción, hace posible optimizar los procesos del producto para aumentar su ciclo de vida, lo que promueve la economía circular (Antikainen, Uusitalo & Kivikytö-Reponen, 2018).

Propuestas para combinar la economía circular y la transformación digital empiezan a aparecer en el mercado, en particular en empresas de tecnología que ofrecen soluciones y palancas de crecimiento para la gestión ambiental. Un ejemplo consiste en asistir a la captura de datos, el almacenamiento, la gestión, la generación de información y, en tiempo real, del flujo de residuos aprovechables aportando a la coordinación de actores del ecosistema y la activación de sinergias.

Contexto y antecedentes

Para un entendimiento sobre la transformación digital y cómo esta tiene la capacidad de convertirse en una gran promotora de la economía circular, a continuación se hace un recuento de algunos elementos claves.

Evolución de la transformación digital y analíticas de negocios

Este 2020 ha sido un año que ha acelerado la transición tecnológica como nunca antes se había visto; tecnologías como internet de las cosas (IoT), computación en la nube, big data, realidad aumentada, blockchain, plataformas sociales como Tik-tok, LinkedIn, Instagram, Snapchat, entre otras, están llevando a la sociedad y las empresas al siguiente nivel de interacción e interrelacionamiento digital. Cada vez más nos relacionamos por medio de plataformas digitales, no solo a nivel social, sino para desarrollar los negocios. Las tecnologías digitales están generando una transformación sin precedentes, cambiando nuestro método de trabajo y nuestras vidas.

Esto se ha visto habilitado gracias a los avances tecnológicos y a costos cada vez más asequibles de estas múltiples tecnologías, como los sensores, el poder computacional, la computación en la nube, la inteligencia artificial (AI), la movilidad, las impresiones 3D y la robótica, entre otras. En lo transcurrido de este milenio los costos de la tecnología han disminuido drásticamente; por ejemplo, un drone de alta gama en el 2007 costaba USD\$ 100.000; y en el 2015 un modelo con especificaciones similares se vendía a USD\$ 500, siendo cada vez más asequible.

Esta gráfica presenta cómo diversas tecnologías han aumentado su implementación en el contexto de los negocios a través del tiempo. Lo que ha implicado que un gran número de procesos en las empresas y organizaciones estén siendo automatizados y lo sigan siendo en los próximos años. Estas tecnologías emergentes generan mucho valor en las empresas, a partir de crear nuevos puentes de interacción con

los clientes, identificación de oportunidades económicas y nuevos modelos de negocios, en donde los datos terminan siendo el principal protagonista.

Uno de los mayores retos que afrontan hoy las organizaciones es asegurar que su operación se acople al mundo actual abundante en datos. Esta es, probablemente, la misión con mayor prioridad y crítica para asegurar la sostenibilidad de la organización en el mediano plazo. (Valopes, 2020).

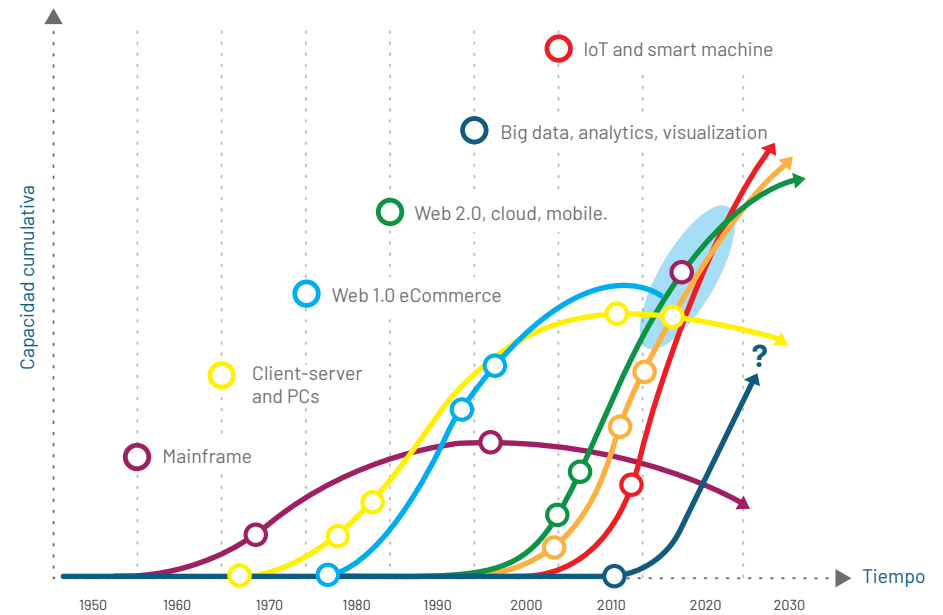


Figura 1. Tasa de cambio del efecto combinatorio; acelerador del progreso exponencial
Fuente: WEF, 2020



Los procesos de transformación digital, no solo en la industria, también en la economía, han sido y siguen siendo uno de los temas que hoy más se discute, pero también lo fue durante la década de los años 90 y comienzos de este siglo. La siguiente figura nos muestra

la evolución en las búsquedas de Google de “Transformación digital” desde el año 2004. Pero en realidad llevamos más de 30 años digitalizando procesos en las organizaciones.

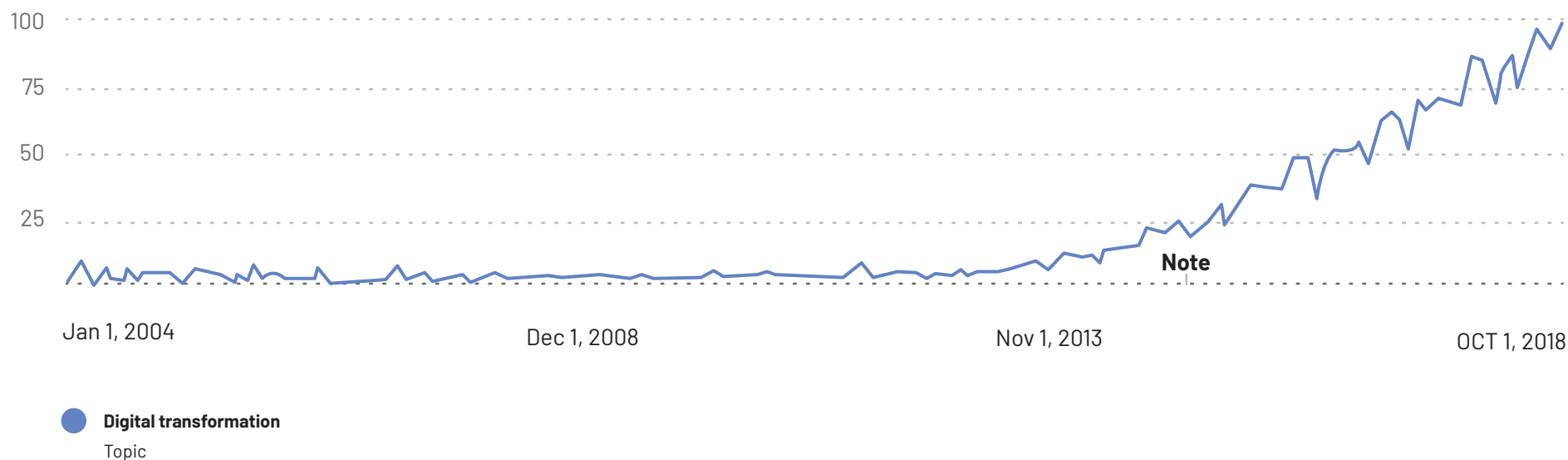


Figura 2. Evolución en búsquedas de Google con el término “Transformación digital” Fuente: Google trends, 2020

Ejercicio realizado en la solución de Google para entender el número de búsquedas en google.com realizadas en el mundo día a día del término economía circular.

Definición de transformación /dʒdl trɑn(t)sfər'māSH(ə)n/ sustantivo; en los negocios es un cambio fundamental en cómo las empresas generan valor para sus grupos de interés, a partir de la implementación de tecnologías digitales a las formas de trabajo en todos los aspectos del negocio. (BCG, 2020).

Al principio de los años 90, los canales digitales, como las páginas de internet, conectaban a las compañías con los clientes. Poco después, la digitalización de los procesos surgió con el propósito de dar soporte a los clientes, pero también para dar transparencia dentro de las organizaciones sobre procesos y procedimientos administrativos y/o contables. De manera paralela, en la última década las empresas han comenzado a entender el poder detrás de la digitalización de sus negocios, haciendo que las ambiciones digitales de estas hayan crecido de manera acelerada. Es por esto que hoy en día cada vez más organizaciones han comenzado a tercerizar su operación digital, o han invertido fuertemente en consolidar equipos dedicados para gestionar plataformas y canales digitales. Esto permite que las compañías puedan aprovechar los datos generados como parte de las actividades e interacciones realizadas por medio de los procesos digitalizados. Entre otros aspectos claves de digitalizar procesos está el de aumentar los niveles de conectividad con clientes, proveedores y otras partes interesadas, haciendo cada vez más evidente que hoy en día las organizaciones operan en redes impulsadas por la conectividad digital.



Glosario

- **Aplicaciones (apps):** software o programas diseñados para usos específicos; se utilizan más en telefonía celular.
- **Big data:** gran cantidad de bases de datos, utilizadas para analizar, encontrar patrones, tendencias y asociaciones.
- **Blockchain:** tecnología para almacenar y compartir información, de forma segura, online.
- **Datos:** conjunto de factores que se pueden entender como registros de sucesos, observaciones, que pueden llegar a ser comprendidos, analizados, y comunicados (Dictionary for Library and Information Science).
- **Digitar:** convertir datos físicos a datos digitales.
- **Digitalización:** proceso por el cual se aumenta la conectividad y la recolección de información, se comparte y se analiza para maximizar su valor.
- **Economía circular:** sistema de economía que tiene como objetivo mantener el valor de los productos y materiales, el mayor tiempo posible, minimizando el uso de recursos naturales y la generación de residuos.
- **Evaluación del ciclo de vida:** proceso de recopilación de información y evaluación de datos de entrada, salida e impactos ambientales del producto al finalizar su ciclo de vida.
- **Gestión de información:** proceso por el cual se genera, coordina, almacena, busca y recupera información. Tiene como objetivo optimizar la utilidad y contribución de la información, por medio de canales en donde se puede acceder a esta.
- **Gestión de conocimiento:** proceso por el cual se explotan la información y los datos. Tiene como objetivo desarrollar estrategias, procesos y sistemas que permitan el uso del conocimiento de los expertos para generar valor.
- **Impresión 3D:** proceso de creación de objetos en tres dimensiones a partir del uso de computadores y un material determinado.
- **Información:** consiste en la "acción y efecto de informar" (Real Academia de la Lengua Española). También se puede entender como

un mensaje, que va a impactar la toma de decisiones del receptor. La información debe ser relevante y tener un propósito.

- **Inteligencia artificial (IA):** capacidad de una máquina o tecnología para desarrollar tareas que necesitan la inteligencia de las personas. Se programa a través de la experiencia de los operadores.
- **Internet de las cosas (IoT):** dispositivos conectados a internet, que pueden identificar otros objetos.
- **Machine learning:** tecnología asociada a inteligencia artificial en donde la maquinaria es entrenada para utilizar alta cantidad de datos y algoritmos con el fin de encontrar asociaciones y así puedan cumplir con una tarea específica.
- **Plataformas en la nube:** plataformas online utilizadas para intercambiar información.
- **Sensores:** dispositivos con la capacidad de detectar y responder a un cambio específico en el ambiente físico (luz, temperatura, movimiento, presión). Estos transmiten esa detección a otros softwares.
- **Transformación digital de un negocio:** es el proceso de emplear tecnologías digitales y sus capacidades de soporte (“comunicación”) para crear un nuevo modelo digital de negocio (Gartner, 2019).
- **La gestión de la información:** se puede entender como el proceso en el cual se asignan actividades para generar, coordinar, almacenar y recuperar la información de una organización.



Organizaciones dirigidas por los datos (Data Driven Organizations)

La implementación de una transformación digital organizacional ha llevado a las empresas a nuevos niveles de generación de valor. De los aprendizajes de aquellas que tomaron el liderazgo se ha acuñado un nuevo término: “organizaciones dirigidas por los datos”, el cual hace referencia al insumo generador de dinámicas virtuosas en organizaciones transformadas digitalmente.

El concepto de DDO (por su sigla en inglés, Data Driven Organization) tiene como origen la transformación digital, en el momento en que la tecnología permitió almacenar digitalmente todos los eventos asociados a procesos de la empresa: operativos, comerciales, financieros, manejo de clientes, captura de datos, entre los más comunes.

Al almacenar digitalmente todos los eventos surge la oportunidad de extraer información a partir de los datos, reconociendo que dicha información aportaba insumos para la efectiva toma de decisiones. Enmarcado en la Cuarta Revolución Industrial en la que existen menores barreras para la integración de los sistemas productivos, los datos se convirtieron en un claro producto de intercambio con menores barreras y grandes oportunidades.

Las empresas que advierten que los datos son el insumo para generar información han puesto a estos en el centro de su operación, casi convirtiendo a los bienes o servicios como agentes generadores de datos. No quiere decir esto que los datos desplacen la generación de valor que típicamente se realiza a través de la venta de un bien o servicio, pero se reconoce la posibilidad de hacer uso de los datos como una línea de negocio capaz de generar valor, igual o superior que las típicas líneas de negocio.

Un ejemplo son los marketplace, término que hace referencia a un espacio virtual de intercambio de bienes y servicios típicos del concepto de economía de cola larga (Anderson, 2006). Al igual que ha evolucionado el sector de retail, al pasar de almacenar y de poner a disposición del público grandes almacenes de cadena con un diverso surtido, a convertirse hoy en empresas de intermediación que no cuentan con inventario y se lucran de la información relacionada con clientes que quieren productos y de proveedores que los ofrecen. En este ejemplo vemos que en la base sigue existiendo el intercambio de dinero por bienes y servicios, pero una empresa de intermediación se lucra del manejo de los datos y la información antes que de disponer de inventario.



En el caso específico de la economía circular, disponer de datos de residuos aprovechables, en cantidades, lugar de disposición, y calidad permite generar un marketplace para potenciales clientes.

Pasos para avanzar hacia una organización dirigida por los datos

Según un estudio realizado por Tableau Software LLC, empresa líder en herramientas de analítica visual, estos son los principales pasos para avanzar hacia una DDO:



- **Compromiso de la alta dirección** con la transformación digital en términos de comprensión de tecnologías y oportunidades y de utilización de dichas tecnologías para generar nuevas oportunidades.



- **Ganar dominio sobre los datos**, en el sentido de comprender el nivel de sofisticación de la organización para la gestión de los datos, tanto a nivel de estructuras físicas de hardware como de software y talento humano requerido. Adicional a este punto, iniciar un proceso de gobernanza de datos que habla de calidad, ciclo de vida y protección de los mismos.



- **Definición de un plan estratégico para el uso de los datos**, al igual que la creación de planes estratégicos organizacionales, financieros, ambientales, entre otros. Los datos, de la misma manera que un insumo tradicional, requieren de un plan estratégico para aprovechar las oportunidades.



- **Habilidades en ciencia de datos**, en todos los niveles de la organización reconociendo diferentes grados de perfeccionamiento: primero, manejo de un lenguaje de programación; segundo, dominio de metodologías de gestión de proyectos basados en datos y, tercero, aplicación de métodos de validación estadística (The Sierra-Cedar, 2020).



- **Generar una comunidad en torno a los datos**, lo que supone ponerlos a disposición de la comunidad interna de la organización o la población en general con los respectivos cuidados y cumplimientos de ley. Propiciar comunidad alrededor de estos supone ser transparentes al ponerlos a disposición; también supone valorar iniciativas tanto de exploración como de explotación.

Apropiación digital como factor clave dentro de las organizaciones dirigidas por los datos

La apropiación digital, la cual se puede definir como el nivel de adopción de las tecnologías por parte de las personas, en donde se espera que las aprovechen al máximo para que el impacto sobre la operación sea el mejor (Bullock, 2018). En otras palabras, la apropiación digital es el proceso con el cual una persona adquiere la habilidad de usar en su máximo potencial una nueva tecnología. También se puede entender como el cambio y proceso de aprendizaje que permiten a las personas entender el uso potencial de las plataformas digitales, aceptar y utilizar esas tecnologías para lograr un objetivo y apalancar la optimización de los procesos por medio del uso de la tecnología (Mura, 2020).

De acuerdo con el estudio realizado por Mckinsey Global Institute (2018), para el 2030 será primordial que los colaboradores tengan aptitudes en el uso de plataformas. ¿Cómo se puede lograr esta apropiación digital dentro de la organización? Además de contratar a personas capacitadas en distintas tecnologías, es necesario que ellas entiendan la funcionalidad y los beneficios que trae el uso de las mismas. Y que comprendan el porqué de la necesidad del cambio a la herramienta seleccionada.



En el momento en que en una organización va a realizar un cambio, por ejemplo, la compra de una nueva tecnología, la transformación digital va más allá de la adquisición y la implementación. Se debe tener en cuenta la capacidad técnica de las personas que tendrán acceso a la tecnología, su experiencia y el propósito del cambio, y hacerlo claro a los trabajadores que estarán en contacto con la herramienta.



La transformación digital será exitosa cuando se tengan programas o actividades en donde se identifiquen y apliquen procesos que ayuden a la apropiación digital de los empleados. Además, se requiere apoyo de soporte constante y ágil que ayude a las personas a seguir con sus trabajos mientras la tecnología va avanzando (Mura, 2020).

Para terminar, cabe recalcar que:

Quizás lo que hay que recordar sobre la transformación digital es que la tecnología es simplemente un facilitador; en otras palabras, la transformación digital no es una iniciativa tecnológica, es una estrategia empresarial (Ellis, 2018).

Evolución del enfoque productivo: hacia la circularidad

Realizando un breve recuento de la evolución de las revoluciones industriales, estas se han visto acentuadas por descubrimientos tecnológicos y su debida apropiación. La primera Revolución Industrial (1760-1820) se basó en aumentar las capacidades productivas por medio de la introducción de la generación de electricidad a base de motores a vapor y agua.

La segunda Revolución Industrial tomó parte entre 1871 y 1914, y fue el resultado de permitir y mejorar el nivel de comunicación e interacciones entre ciudades a partir del aumento de los trenes y las redes de telégrafo. Esto permitió que la energía, las personas y las ideas se movilizaran más rápido. En este periodo, gracias a la electricidad, se incrementó dramáticamente la productividad, y la capacidad de las empresas de producir.

La tercera, y predecesora de la actual, también se conoce como la revolución digital, a finales del siglo pasado, cuando se dieron los avances en los desarrollos digitales, la masificación de los computadores, la tecnología de comunicación y la internet, a finales de la década de los años 80.

La revolución en la que estamos inmersos ha estado marcada por múltiples innovaciones de diversas tecnologías emergentes en campos tan variados como robótica, inteligencia artificial, nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, internet de las cosas, conectividad 5G, impresiones 3D, vehículos autónomos, entre otros (WEF, 2016).



Revolución Industrial

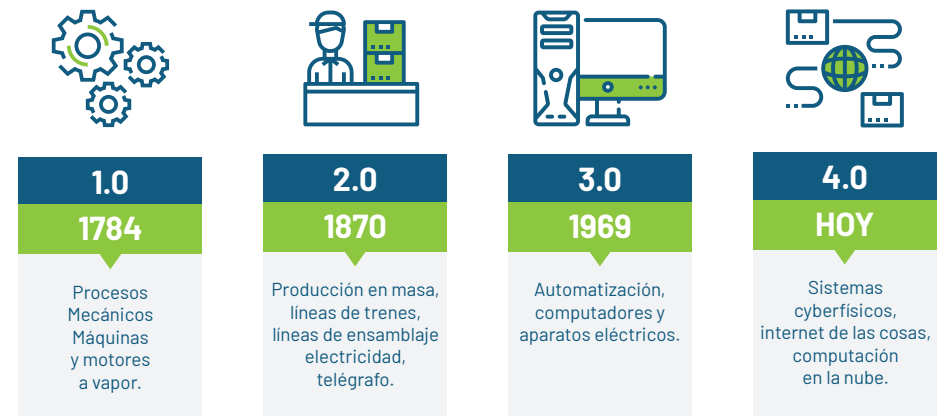


Figura 3. Evolución de las revoluciones industriales
Fuente: Shutterstock free images

En la tabla 1 se presentan y describen algunas tecnologías y sus implicaciones más importantes.

Tabla 1. Descripción de tecnologías

Tecnología	Descripción	Implicaciones
Conectividad 5G	Red de última generación para la conectividad de celulares de manera inalámbrica.	Esta red ha sido diseñada para que virtualmente cualquier persona y cualquier dispositivo con sensores se puedan comunicar entre sí.
Computación en la nube	Acceso a diversos servicios y recursos computacionales por medio de internet. Estos recursos incluyen herramientas y aplicaciones para guardar datos, acceder a servidores, bases de datos, entre otras soluciones.	Capacidad de desarrollar y gestionar soluciones en la nube, para la gestión y captura de datos, encriptación, procesamiento y análisis. También la posibilidad de escalar las soluciones de manera costo efectiva y eficaz. Y proveer servicios en cualquier parte que cuente con acceso a internet.
Impresión 3D	Tecnología que permite imprimir objetos físicos a partir de un modelo en tres dimensiones.	La posibilidad de producir, a partir de impresiones en tres dimensiones, figuras con unos altos niveles de complejidad, de manera costo efectiva.
Internet de las cosas (IoT)	Dispositivo o sistema, que permite recolectar y transferir datos por medio de una red inalámbrica sin la intervención humana.	Capacidad de extender las experiencias de interacción entre las máquinas de manera autónoma.
Organizaciones dirigidas por los datos o empresas inteligentes; inteligencia artificial y aprendizaje de máquinas.	Los avances en las ciencias de datos, y tecnologías cognitivas al igual que el incremento del poder de las máquinas han abierto la posibilidad a crear empresas "inteligentes".	A partir de hacer uso de cantidades masivas de datos (big data), y el poder de algoritmos como inteligencia artificial, las organizaciones alcanzan niveles más altos operativos y de innovación.
Blockchain	Bases de datos distribuidas en múltiples computadores al mismo tiempo, que permiten registrar de manera uniforme los récords de interacciones en bloques; donde cada bloque que se añadió contiene un sello único y se añade al anterior generando una cadena.	Posibilidad de mantener récords o interacciones incluyendo transacciones de manera descentralizada y anónima en la base de datos que se replica en los computadores que forman parte del sistema, permitiendo asegurar la trazabilidad de las transacciones de manera uniforme y anónima.
APIs	Interfaz de programación, conjunto de funciones y procedimientos que habilita un canal de comunicación entre los diversos componentes de un software.	Habilita puntos de acceso a la base de datos de un software con el propósito de que sea consultado por un tercero. Esto habilita que la integración entre softwares y plataformas sea una realidad.

Fuente: Elaboración propia

Estos avances tecnológicos definen los cimientos que vienen de esta Cuarta Revolución Industrial y que se apalancan en procesos de transformación digital y sus cuatro principios fundamentales (Hermann et al., 2016).



1. Interconectividad: habilidad de integrar máquinas con personas y generar comunicación por medio de sensores.



2. Transparencia de la información: a partir de la interconectividad, tener la capacidad de recolectar grandes volúmenes de datos en tiempo real, de manera costo efectiva para mejorar el rendimiento de las operaciones.



3. Asistencia técnica: ayudar, a partir de los datos, a generar suficientes evidencias que habiliten la toma de decisiones.



4. Descentralización de las decisiones: habilidad de automatizar heurísticas y algoritmos para que los sistemas tomen decisiones de manera autónoma.

Actualidad

La nueva realidad en la que estamos inmersos, a partir de la contingencia de la COVID-19, ha hecho que los procesos de transformación digital dentro de las organizaciones se esté acelerando de manera dramática. Según Twilio en su más reciente reporte, donde encuesta a 2500 empresas líderes alrededor del mundo, encontró que la pandemia en las compañías aceleró en promedio seis años las estrategias de comunicación digital, mientras que el 97 % de los tomadores de decisiones evalúan que la pandemia puso como prioridad la transformación digital de sus organizaciones (Twilio, 2020).

El último semestre ha comprimido de manera dramática años de ruta de transformación digital a tan solo días y semanas, para así poder adaptarse a cómo se desarrollan los negocios bajo este escenario de COVID-19, comenta Glenn Weinstein, director en Twilio.

Un efecto colateral muy interesante que puede llegar a tener repercusiones acelerando la transformación digital asociada a procesos dentro de la economía circular.

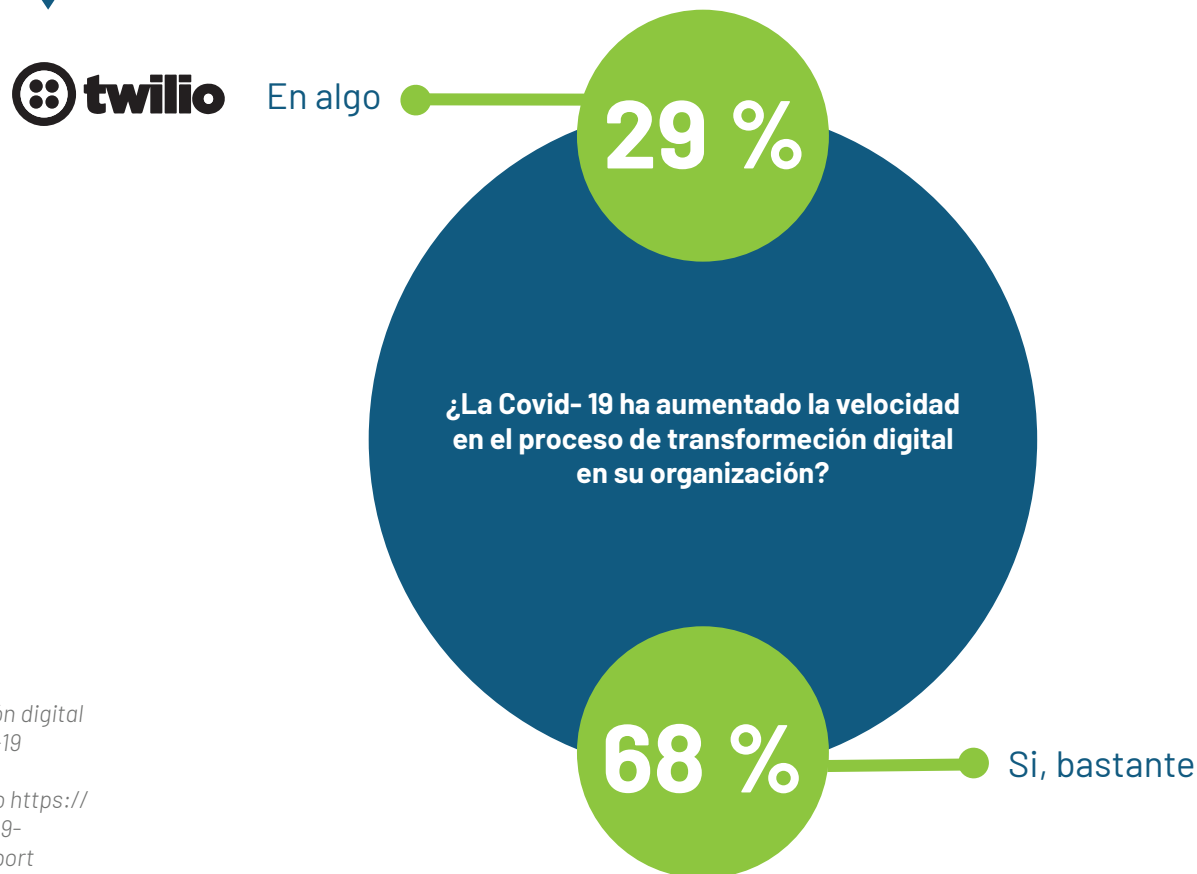


Figura 4. Transformación digital acelerada por la COVID-19

Fuente: Encuesta Twilio <https://www.twilio.com/covid-19-digital-engagement-report>



Prospectiva de herramientas tecnológicas en la gestión de información de la economía circular

Los procesos de transformación digital se están convirtiendo en un nuevo motor de múltiples industrias –y procesos industriales, la sostenibilidad y el área ambiental no son la excepción–, permitiendo no solo optimizar sino identificar oportunidades de innovación apalancadas en la gestión del conocimiento y las analíticas. Por otro lado, la economía circular tiene como propósito optimizar el uso de los recursos naturales que son limitados.

Deloitte Finlandia condujo un estudio en el que se explora la intersección entre la innovación digital y la economía circular, donde una de sus principales conclusiones está relacionada en cómo a partir de la transformación digital se generan nuevas experiencias enfocadas en el usuario, para así incentivar la circularidad dentro de las áreas operativas de la organización (mantenimiento, finanzas, sostenibilidad, entre otras) a partir de interconectar de manera efectiva a los diversos grupos de interés priorizados, tales como colaboradores, clientes, aliados y proveedores, entre otros.

Dentro del diagnóstico se identifica que la digitalización puede ser un catalizador que habilite la creación de innovaciones para alcanzar la circularidad en la economía. Entendiendo que los procesos de transformación e innovación digitales son rigurosos, meticulosos,

estratégicos y escalables. Mientras que los procesos de transformación circular tienen la principal característica de que deben generarse a gran escala. Y para lograr esto se deben coordinar múltiples y diversos actores, de modo que cooperen y logren generar impactos a nivel macro.

En este sentido se entiende que la transformación digital y las tecnologías disponibles pueden acelerar la innovación, y son fundamentales para habilitar las dinámicas asociadas a la economía circular.

En los países nórdicos se estima que un 30 % de las innovaciones actuales dentro de la economía circular hacen uso de procesos de digitalización, en donde se emplean para conectar datos con aliados, sensores y máquinas, clientes e individuos y eslabones de la cadena de valor (Deloitte, 2020).



Es así como la transformación digital tiene la capacidad de habilitar el uso efectivo de los datos para diseñar e implementar soluciones circulares.

Dentro de este espectro se puede resaltar cómo los datos del ecosistema de residuos y excedentes industriales en Colombia, que ha venido levantando Valopes, esté permitiendo que cada vez más organizaciones cuenten con la capacidad de tomar decisiones basadas en datos; para así identificar oportunidades circulares, tales como volúmenes de materiales para ser reutilizados y aplicados en la

manufactura de material de protección de los colaboradores en estos tiempos de pandemia, entre otros ejemplos.

A continuación, se hace un recuento y se profundiza sobre los pasos propuestos por Deloitte Finlandia y Sifra de la hoja de ruta para acelerar la transformación hacia una economía circular.

Tabla 2. Pasos de la hoja de ruta y para acelerar la economía circular desde la transformación digital

Pasos	Descripción	Tecnologías
1. Comprender	<p>Entender el metabolismo industrial de la organización y su ecosistema de actores: medición de los flujos de materiales, materia prima, residuos, consumos energéticos por fuentes y consumos de agua por fuente (datos ambientales). Entendimiento y trazabilidad sobre sus cadenas de valor y cadena de aprovechamiento y gestión de excedentes.</p>	<p>Herramientas digitales y plataforma que habiliten la captura ágil de datos estructurados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internet de las cosas • Aplicaciones móviles • Plataformas web en la nube <ul style="list-style-type: none"> • Gestión de datos • Analíticas descriptivas
2. Foco y priorizar	<p>Identificación de oportunidades y cuellos de botella, que se alinean con las estrategias de negocios para identificar oportunidades. Negociación con proveedores. Generación de nuevos modelos de negocios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de la información • Herramientas de gestión de datos • Analíticas predictivas (algoritmos avanzados) <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizaje de máquinas • Inteligencia artificial
3. Repensar operaciones	<p>Identificar oportunidades a partir de analizar los datos ambientales capturados durante la etapa de comprensión. Los datos ambientales como consumo energético, agua, generación de residuos y contribuciones ambientales son capturados y consolidados por diversas áreas que tienden a trabajar en silos en las organizaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marketplaces • Gestión del conocimiento • Inteligencia de negocios • Realidad aumentada
4. Conectar	<p>Para que estos procesos tengan éxito se debe tener información asociada al ecosistema (proveedores, clientes, aliados) con el que se trabaja. Tener la capacidad de capturar datos de manera estructurada desde múltiples tipos de dispositivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad inteligente • Trazabilidad apalancada en blockchain • APIs e interoperabilidad de sistemas y plataforma de información.
5. Crear y vender experiencias	<p>Tener mecanismos para integrar actores de manera coordinada y entregar valor hacia los clientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Big data • Impresiones 3D • Plataforma e-commerce
6. Comunicar y empoderar	<p>Parte fundamental es entregar información relevante sobre el valor, a partir de generar contenido hacia las diversas audiencias. Para esto es fundamental educar y compartir conocimientos sobre cómo tomar parte activa de sistema de producción circular, ya sea como consumidor (prosumidor o aliado).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones móviles • Servicios en la nube • Plataformas sociales • Visualización de datos <ul style="list-style-type: none"> • Realidad virtual
7. Aprender y adaptar	<p>Asegurar que de manera continua se aprenda sobre la interacción con los diversos actores del ecosistema, e integrar, de ser posible, prácticas que lleven a identificar oportunidades de ecodiseño de los productos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión del conocimiento • Inteligencia de negocios

Fuente: Elaboración propia

Pasos de la hoja de ruta y para acelerar la economía circular desde la transformación digital

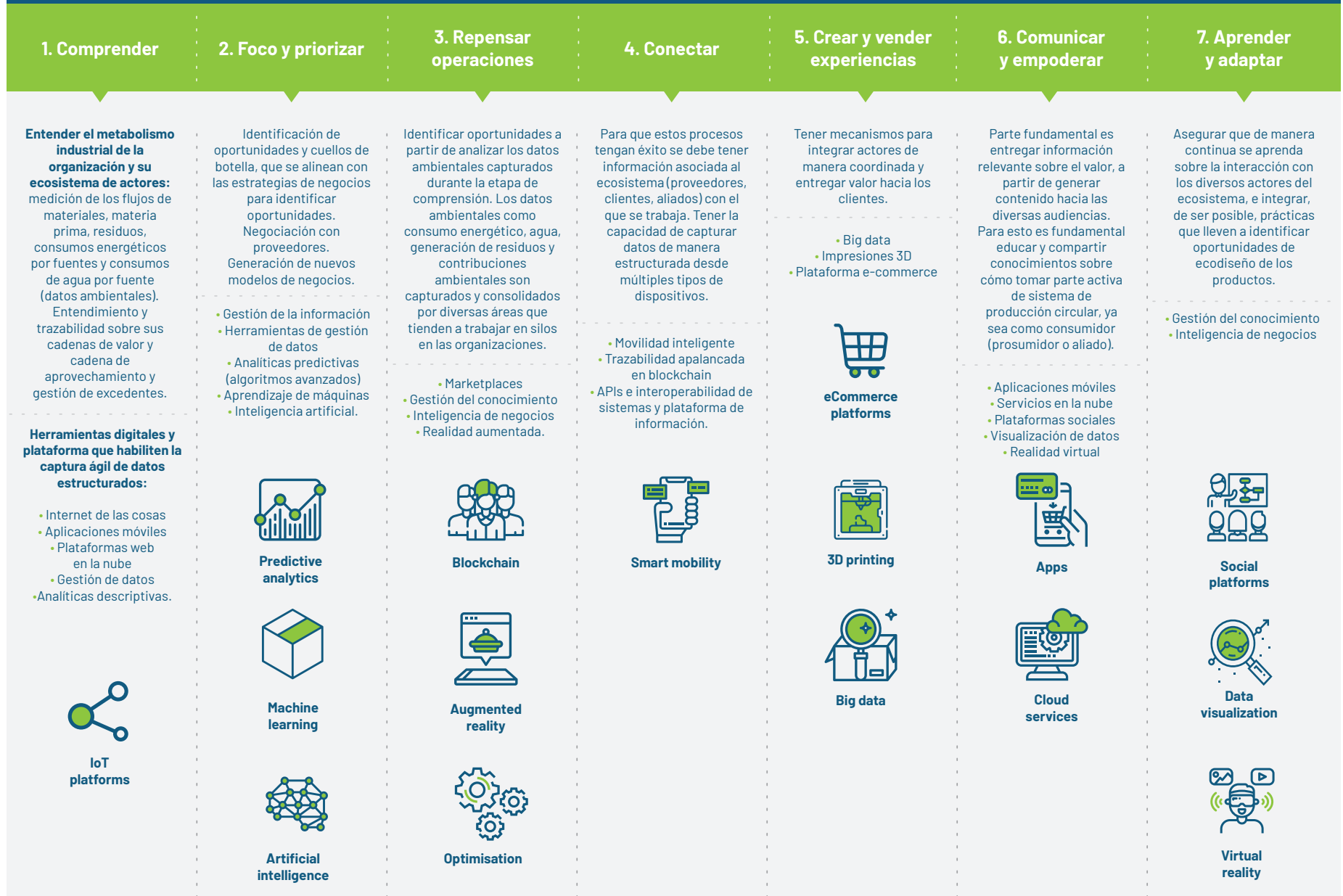


Figura 5. Tecnologías utilizadas en la economía circularFuente: Deloitte 2020, ejemplo de gráfica

Transformación digital y analítica de datos

En esta sección se profundiza en por qué tener información interna estructurada asociada a herramientas tecnológicas ayuda a que las organizaciones estén en la capacidad de tomar decisiones para acelerar la transición hacia la economía circular.

Datos, información y conocimiento como motor de la transformación digital

En el contexto de la Globalización 4.0 y teniendo en cuenta las oportunidades que ofrece la transformación digital, las organizaciones han emprendido el cambio y han avanzado en la comprensión y utilización de los datos. En este camino se ha aprendido que no es necesario esperar a llegar al final para cosechar los beneficios; es decir, que es posible contar con “victorias tempranas” o “cosechar las frutas más bajas del árbol”.

Si bien los beneficios más provechosos provienen de una organización que gana conocimiento del entorno y del contexto a partir de los datos, existen pasos intermedios antes de llegar a niveles de comprensión sobre las dinámicas del ecosistema: los pasos intermedios son gestión de datos; luego, gestión de la información y propender alcanzar una gestión de conocimiento.



Figura 6. Escalera de transformación digital
Fuente: Valopes Digital services S.A.S., Bonilla, 2020



El primer paso es la gestión de datos, que consiste en reconocer que un insumo de calidad permite mejores procesos de extracción de información. La gestión de datos debe ser un compromiso de la organización y estar incluida en los planes estratégicos, o tener su propio plan de gestión de datos. El elemento central para una gestión de datos eficaz es un "censo". Consiste en tener claridad sobre qué conjunto de datos se tienen, en particular el tipo de datos y el diccionario y la evaluación de su calidad (CONPES 3920 de 2018).



El segundo paso es la gestión de información, que consiste en plantear proyectos que aporten a las líneas estratégicas de la organización utilizando los datos de forma intensiva. Si bien el primer objetivo es aportar a las líneas estratégicas, la gestión de la información también se relaciona con generar propuestas innovadoras a partir de los datos, como se enuncia al describir los pasos para llegar a una organización dirigida por los datos.



El tercer paso es la gestión de conocimiento, que consiste en integrar los análisis de los múltiples proyectos en la etapa de gestión de información. La idea general es tomar esa integración de aprendizajes para proponer nuevas líneas de negocios, opciones de gestión pública y aportar a observar la economía de forma integral y sistémica.

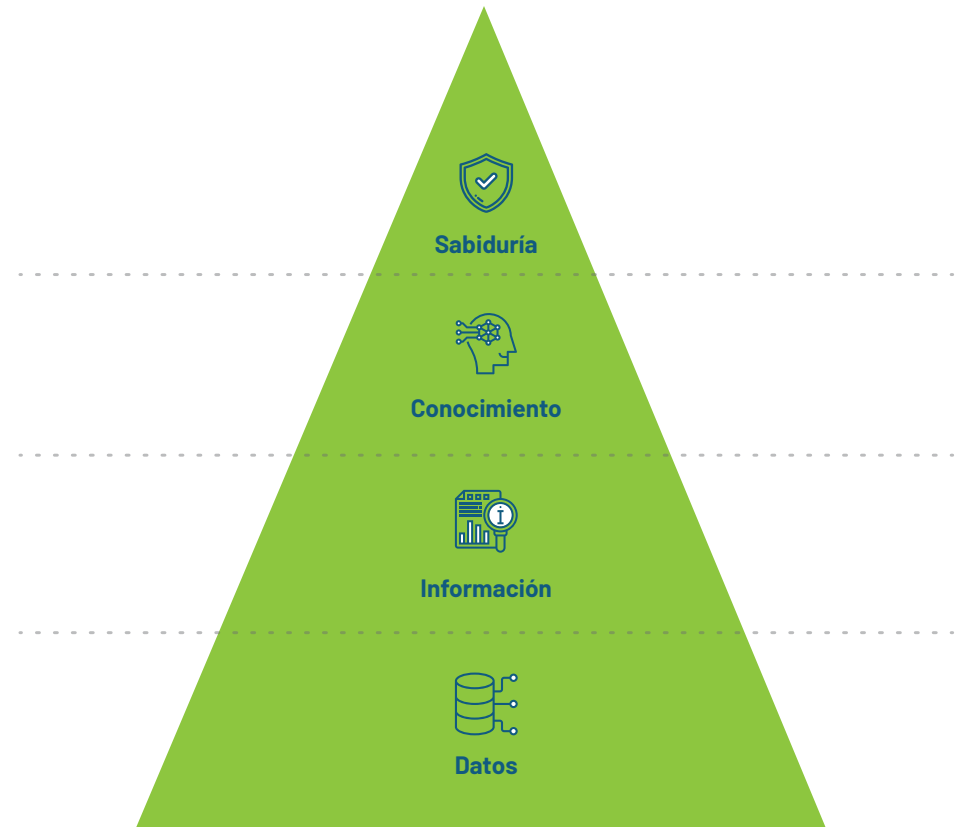


Figura 7. Pirámide del conocimiento

$$a_0 = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L f(t) dt$$

$$a_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(t) \cdot \cos\left(\frac{n\pi t}{L}\right) dt$$

$$b_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(t) \cdot \sin\left(\frac{n\pi t}{L}\right) dt$$

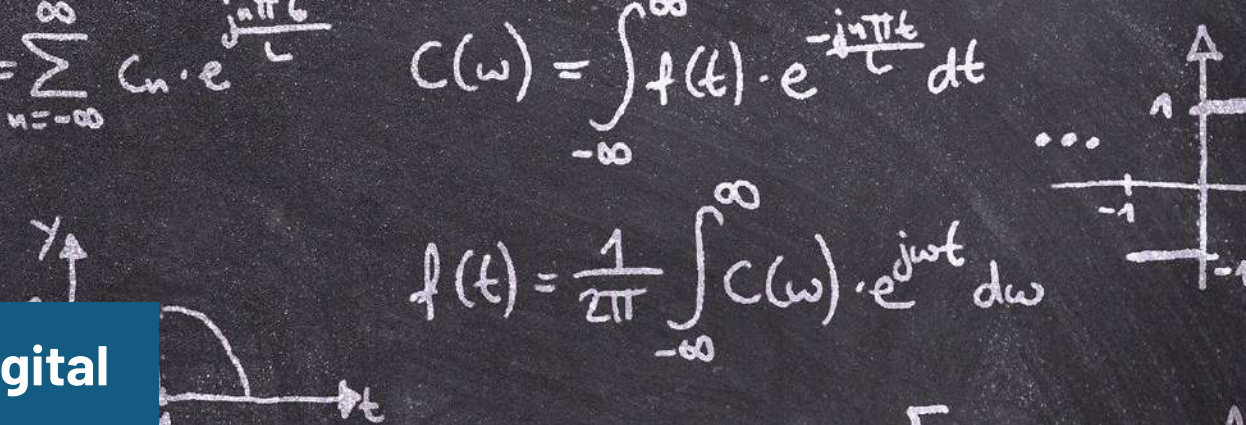
$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cdot \cos\left(\frac{n\pi t}{L}\right) + b_n \cdot \sin\left(\frac{n\pi t}{L}\right) \right)$$

$$C_n = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L f(t) e^{-jn\pi t/L} dt$$

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \cdot e^{jn\pi t/L}$$

$$b(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot \sin(\omega t) \cdot dt$$

$$C(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} C(\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega$$


Tablero de transformación digital

Las organizaciones que emprenden su transformación digital han advertido que es posible avanzar en etapas, las cuales plantean retos, pero generan oportunidades. En relación con las etapas estas se enmarcan en las ideas presentadas en las secciones de transformación digital, organizaciones dirigidas por los datos y la sección de gestión de datos, información y conocimiento. Para complementar estas ideas es necesario aportar comprensión sobre las oportunidades que se generan.

La gestión de datos es el primer paso que requiere la mayor inversión en tiempo y recursos, pero permite acceder a oportunidades como la **visualización**; este concepto se conoce como analítica visual o analítica descriptiva. La analítica visual consiste en representar de forma efectiva los datos atendiendo a necesidades de control y gestión. En este campo, los paneles de control resultan ser la herramienta más adaptada pues permite compartir síntesis de datos o indicadores de forma interactiva.

Un ejemplo son los tableros de control que muestran indicadores de captura de datos desde los puntos de generación y captura, flujos de materiales, subproductos y "residuos" o indicadores estratégicos. Estos tableros en ocasiones son utilizados para la comunicación de resultados a los empleados en general, mostrando la transparencia en la

gestión. También sirven para consolidar la información relevante hacia otros grupos de interés como pueden ser inversionistas, autoridades, clientes y usuarios. Entregando transparencia y trazabilidad del rendimiento de la organización.

Las oportunidades en relación a la gestión de información se relacionan con la aplicación de modelos y algoritmos a los datos. Las oportunidades que se presentan son de optimización de los recursos y la visualización de escenarios. En esta etapa se aplican principalmente algoritmos predictivos y de clasificación. A partir de predicciones informadas; es decir, basadas en datos, es claro visualizar escenarios y, por lo tanto, definir proyectos, planes y compromisos en metas o indicadores.



- Un ejemplo de aplicación dentro del contexto de economía circular es poder predecir el consumo de materias primas vírgenes y reemplazarlas por materia prima secundaria (proveniente de material reciclado) que significa la reducción de las contribuciones ambientales al igual que de costos.

La gestión del conocimiento supone ganar comprensión sobre los resultados y análisis parciales de los diferentes proyectos en la fase de gestión de información. Esta comprensión se materializa en una visión de conjunto de la organización en el sector económico, lo que lleva el uso de los datos más allá de la optimización a la generación de oportunidades.



- Un ejemplo de gestión de conocimiento es la creación de observatorios de economía circular. Una organización que pasa de optimizar sus procesos a aportar a la optimización de flujos a nivel local es una organización que convierte sus aprendizajes en conocimiento para la comunidad.

Otro ejemplo de gestión de conocimiento es la transferencia de aprendizajes y habilidades entre áreas o sectores. Fue el caso de empresas de exploración petrolera que ante la crisis del petróleo se transformaron en empresas de análisis de imágenes, conocimiento que adquirieron al analizar imágenes de satélite para la perforación.

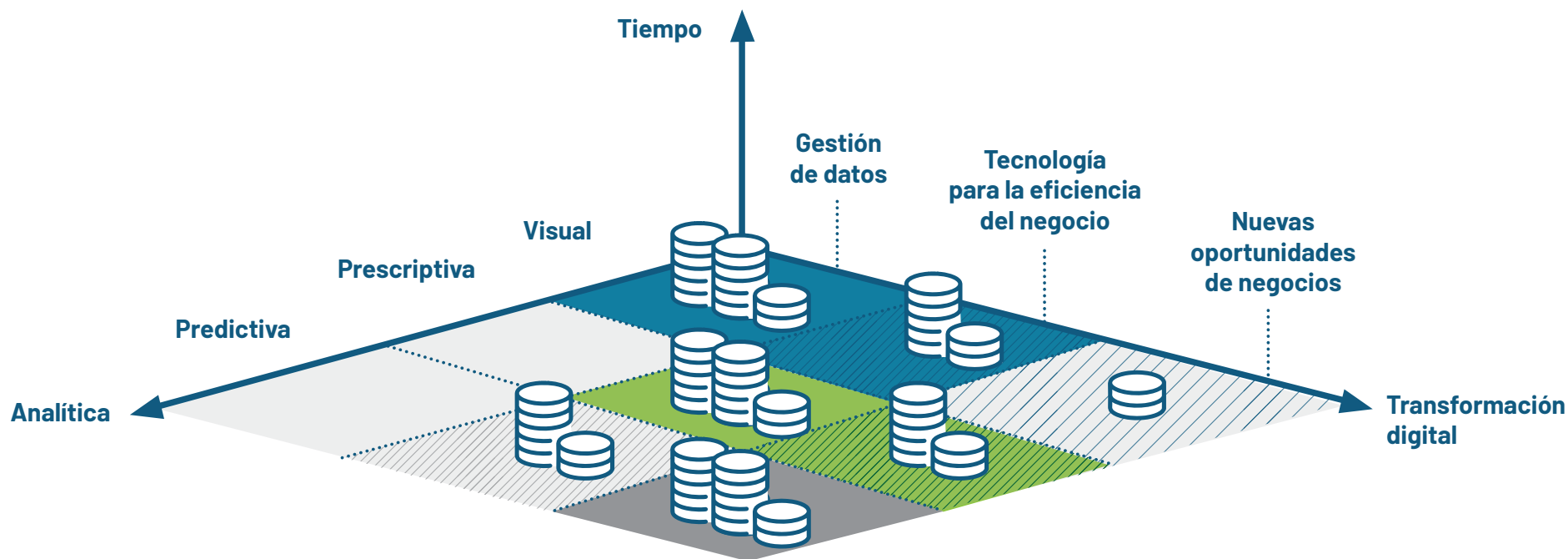


Figura 8. Relación entre analítica, transformación digital y tiempo
Fuente: Bonilla, 2020



Herramientas de gestión de datos ambientales necesarios para implementar una transformación digital

Es claro que para una explotación efectiva de los datos es necesario aplicar modelos y algoritmos que los transforman en información. El abanico de algoritmos de analítica es significativamente amplio y está en constante crecimiento, para ganar comprensión en relación con las oportunidades que estos plantean; estos algoritmos se pueden separar en dos grandes conjuntos.

El primer conjunto contiene **algoritmos descriptivos**, los cuales permiten entender la dimensión del contexto de los datos de forma integral sin perder demasiada información. Estos algoritmos son muy útiles para explorar datos compuestos por muchas columnas, variables o posibles respuestas. Subgrupos de estos algoritmos son:

- Algoritmos de asociación los cuales, aplicando algoritmos de afinidad, identifican relaciones del estilo: "si ocurre X y Y entonces es muy probable que ocurra Z".
- Algoritmos de agrupación (clustering), los cuales crean categorías de elementos por la distancia entre ellos. La definición de distancia no solo es la espacial, sino que puede definirse según la oportunidad. Un ejemplo puede ser calcular la distancia entre corrientes de residuos al igual que en biología se calcula la distancia entre especies. La medida

de distancia genera una priorización que se puede utilizar como pseudocorrientes.

- Algoritmos de síntesis (summarization), los cuales buscan reducir la complejidad de las bases de datos de muchas variables en pocas combinaciones, pero significativas. Otro ejemplo es la compresión o síntesis de textos usando algoritmos de procesamiento de lenguaje natural que sintetiza párrafos en frases.

El segundo conjunto contiene los algoritmos predictivos que calculan posibles respuestas, valores o escenarios y los caracterizan con un valor de probabilidad. Estos son los algoritmos más utilizados en la medida que permiten anticipar eventos y priorizarlos a partir de su probabilidad. Subgrupos de estos algoritmos son:

- Algoritmos de clasificación que aprenden a categorizar elementos a partir de un conjunto de casos de entrenamiento y luego son capaces de categorizar nuevos elementos sin necesidad de conocerlos con anterioridad. Un ejemplo de aplicación puede ser entrenar un algoritmo a diferenciar entre residuos aprovechables de no aprovechables utilizando fotos de residuos ya clasificados y luego usarlos para clasificar residuos nuevos.

- Algoritmos de regresión, los cuales se usan para predecir o estimar el valor de una variable. A diferencia de los algoritmos de clasificación, calculan valores y no categorías, aunque operan de forma similar en el sentido que aprenden de casos de prueba y luego predicen sobre nuevos conjuntos.

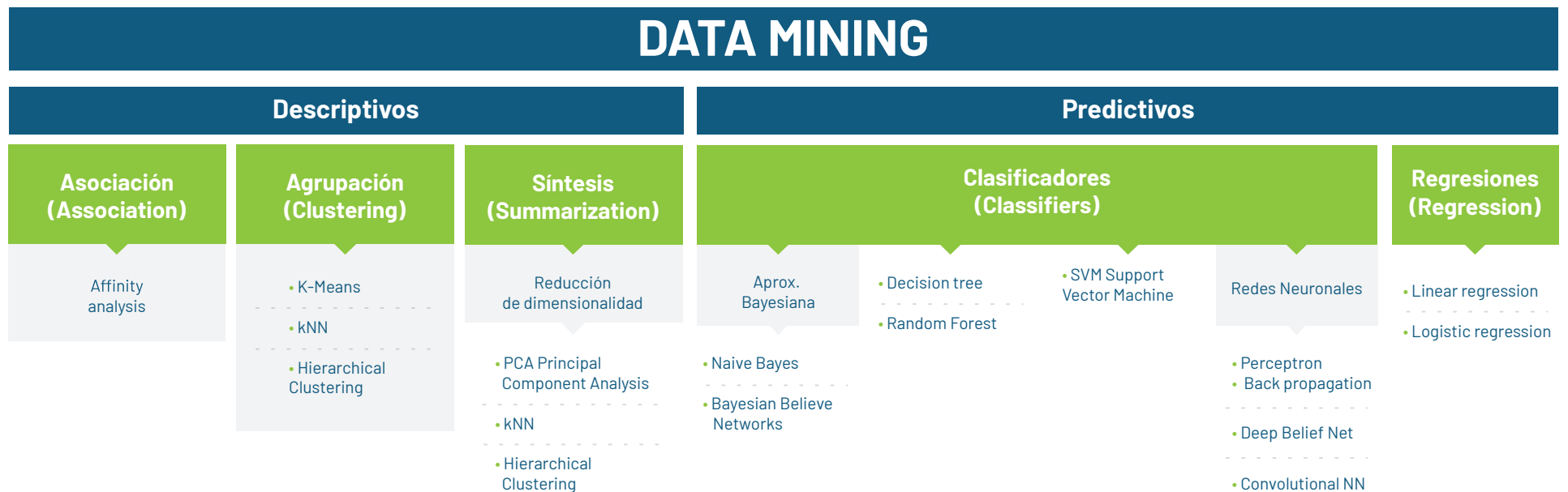


Figura 9. Data Mining
Fuente: Bonilla, 2020

Metodologías de proyectos basados en datos

Las metodologías para la gestión de proyectos basados en datos son sustancialmente diferentes a las tradicionales de gestión de proyectos: el conjunto de metodologías para la gestión de proyectos basados en datos se enmarca en el conjunto de las llamadas ágiles. Una clara característica distintiva entre metodologías tradicionales y ágiles es la gestión del cambio de alcance. Mientras que en metodologías tradicionales como la metodología en cascada, las actividades se ordenan para siempre avanzar, en metodologías ágiles la constante es la posibilidad de devolverse y replantear el alcance, ya sea de la fase, de la actividad o de una meta.

Es claro que una metodología ágil suena flexible, pero plantea el riesgo de nunca llegar al final. Esta situación se soluciona definiendo alcances menores para el resultado final, llamados sprint (término de la metodología Scrum que es bastante utilizada). En el momento en que el alcance de un proyecto es pequeño es posible llegar a él aun si hay ciclos de ida y regreso. El resultado de un sprint es un producto funcional, pero no óptimo, que se refina repitiendo nuevamente el proceso que le dio origen, con un alcance un poco mayor.



- Un ejemplo puede ser diseñar una tecnología para compactar residuos: en un primer sprint puede resultar una tecnología que solo compacta cartón y requiere de la fuerza del operario para compactar. En un segundo sprint la tecnología puede incluir un compresor mecánico, y en un tercer sprint puede ampliarse de cartón a residuos plásticos.

La ventaja de las metodologías ágiles consiste en obtener un producto mínimo viable (MVP por su sigla en inglés) que puede no satisfacer todas las necesidades o expectativas, pero es funcional y sirve de prototipo o como prueba de concepto para recibir retroalimentación de los usuarios y clientes, lo que disminuye el riesgo de demorarse en construir una solución que no sea aceptada. Este tipo de metodologías se sustenta en el concepto de mejoras incrementales.

Dos ejemplos de estas metodologías son:



CRIPS-DM. Metodología para la gestión de proyectos basados en datos, que es consciente de la importancia de comprender el problema de negocio, los datos y las posibilidades. Igualmente reconoce que la información

contenida en un conjunto de datos solo se conoce al aplicar algoritmos y, por lo tanto, invita a devolverse a conseguir más datos o redefinir el alcance de la oportunidad.



SCRUM. Metodología que limita los alcances para tener menores tiempos de desarrollo con alto grado de seguimiento y control a través de reuniones frecuentes y con diferentes propósitos. Esta estrategia crea niveles de complejidad que evita los errores de interpretación; puntualmente, existe un dueño de producto que se relaciona con el usuario o cliente y transmite al Scrum Master el cual desempeña el papel de un director operativo que traduce los requerimientos en funcionalidades y se comunica con el equipo de desarrollo. Esta metodología puede enfocarse en cada sprint para mejorar las características del producto o agregar nuevas funcionalidades.

Transformación digital como potencializador de la economía circular

La digitalización de un proceso tiene como fin lograr un fácil acceso a los datos, y los sistemas asociados a la economía circular contienen una alta cantidad de datos. Es por esto que la digitalización da acceso a los datos claves, capturados dentro de los flujos de trabajo de las organizaciones. Estos datos permiten a las organizaciones tomar mejores decisiones respecto al diseño del producto, la reutilización de subproductos, la logística de producción y de entrega. Si no se tienen claros los procesos, los actores claves, los subproductos, las materias primas utilizadas será muy difícil transformar la organización a una producción circular.

La digitalización ayuda a que las organizaciones tengan la información a la mano y puedan entender cómo reutilizar un residuo, entender la calidad y cantidad de producto que se está generando y a dónde se está enviando (Antikainen, Uusitalo & Kivikytö-Reponen, 2018).

Para llegar a una transformación digital exitosa se deben tener en cuenta cuatro factores:



Datos digitales



La automatización



La conectividad



Interfaces para los usuarios

Los datos digitales no solo hacen referencia a la recopilación de los datos dentro de los procesos, sino también su procesamiento y análisis, lo que ayudará a tomar decisiones. Para estos tres procesos se pueden utilizar herramientas como big data, sensores, optimización de bases de datos, reconocimiento de imágenes. Para la automatización se están utilizando herramientas como drones, robots, impresión 3D. En cambio, la conectividad da esa posibilidad de intercambio de información entre organizaciones, empresa-empleado, empresa-cliente o maquinaria-operador. Algunos ejemplos son el uso de plataformas desarrolladas en la nube, compañías virtuales, sistemas ciberfísicos. Las interfaces para los usuarios van más de la mano con la relación al cliente; esto se puede por medio de aplicaciones móviles, internet móvil, e-commerce, entre otros (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), 2018).

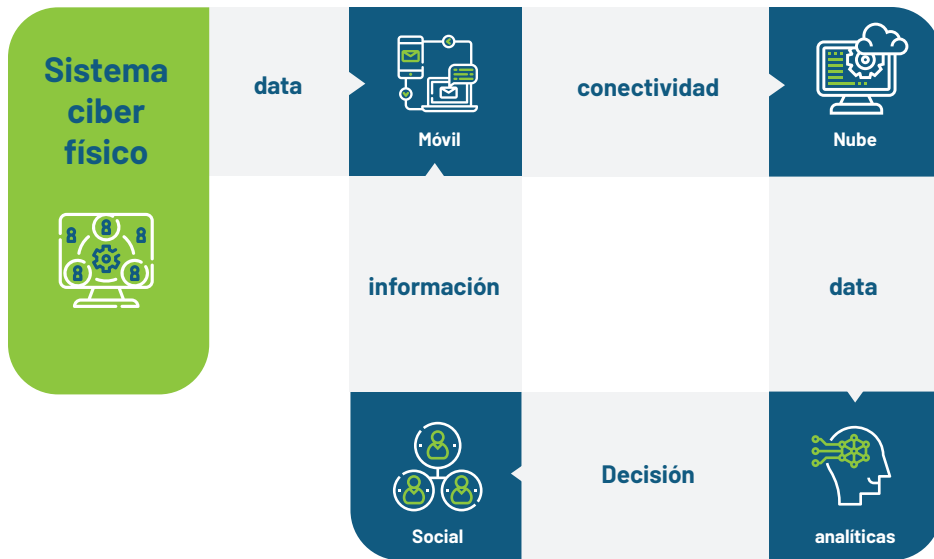


Figura 10. Caso de sistemas ciberfísicos
Fuente: Propat project

Propat project captura datos de los sistemas productivos por medio de diversas tecnologías y se almacenan en la nube, para después ser procesados generando analíticas y reportes, entre otros, que pueden comunicarse de manera efectiva con los diversos grupos de interés, entre estos los consumidores.

Casos prácticos de la transformación digital aplicada a los retos de la economía circular

Un ejemplo de uso de tecnologías con estos cuatro factores presentados por el Ministerio de Ambiente, Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear de Alemania (BMU) es la movilidad inteligente; donde el uso de tecnologías ayuda a la disminución de emisiones de gases efecto invernadero por la reducción en uso de automóviles, aumento de uso de transporte compartido, reducción de tráfico por uso de aplicaciones de navegación, entre otros.

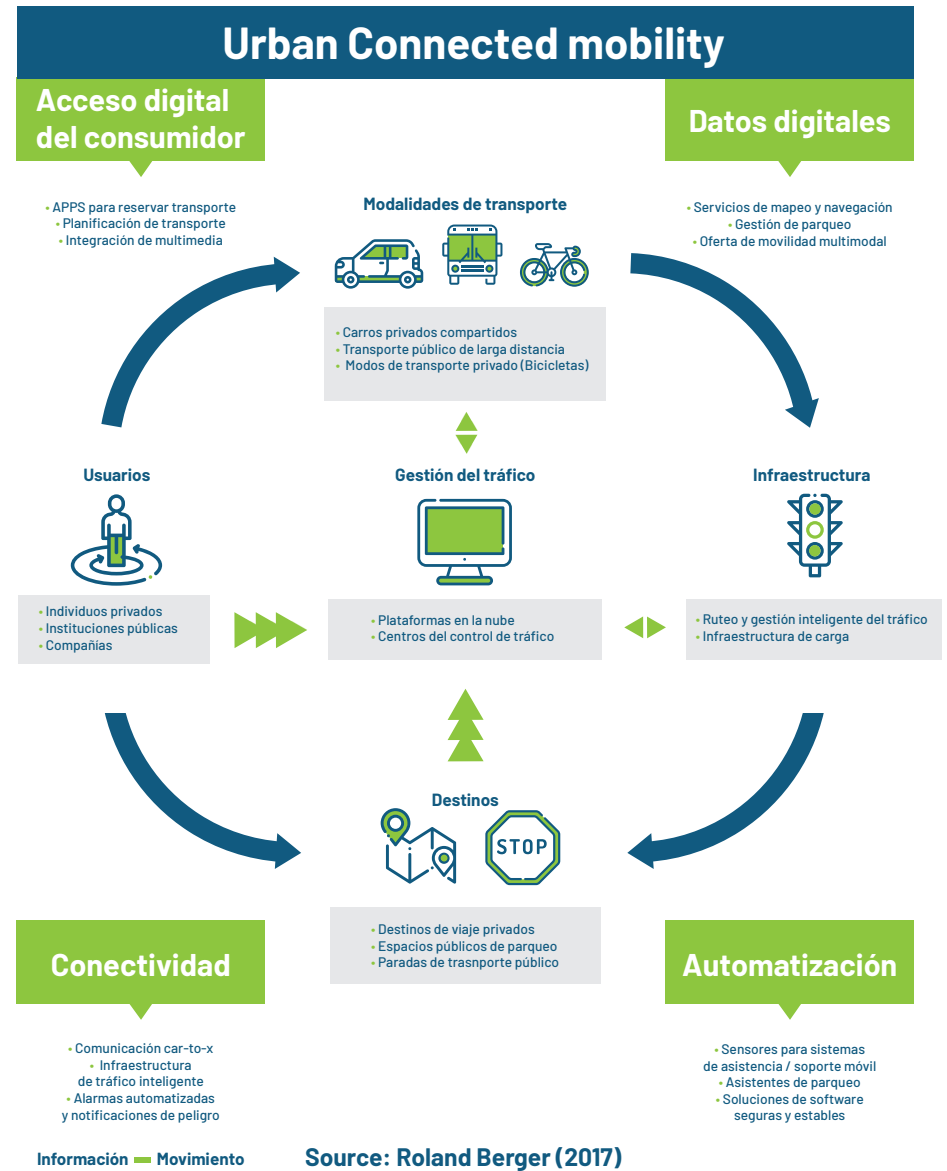


Figura 11. Estructura y componentes de sistemas digitales en caso de movilidad inteligente
Fuente: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), 2018


En el diagrama se puede ver la relación entre los usuarios, los transportes, la infraestructura de movilidad y el destino y los cuatro factores para una transformación digital exitosa. El acceso de usuarios promueve el uso de transporte compartido, bicicletas, buses, en donde se disminuirá el tráfico por uso de carros individuales lo que llevará a menor consumo de combustible y así reducir las emisiones que contribuyen al cambio climático.

El acceso a información de posibles transportes compartidos ayudará a que las personas puedan utilizar más este medio. Por otra parte, los datos digitales ayudan a mapear posibles situaciones de tráfico que lleven al usuario a ajustar rutas y así disminuir el consumo de combustible. La conectividad entre las personas, sensores o tecnologías móviles, carros inteligentes ayudan a tener acceso a información verídica del tráfico. La automatización puede llegar a herramientas como carros automáticos (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), 2018).

Algunas de las tecnologías asociadas a la industria 4.0 y que pueden potencializar procesos de economía circular son realidad virtual, visualización de datos, plataformas sociales, servicios en la nube, nuevas aplicaciones, big data, impresión en 3D, e-commerce, movilidad inteligente, plataformas de optimización, realidad aumentada, blockchain, inteligencia artificial, machine learning, analíticas predictivas, IoT, entre otras.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de cómo cada una de estas tecnologías ayuda a la economía circular:

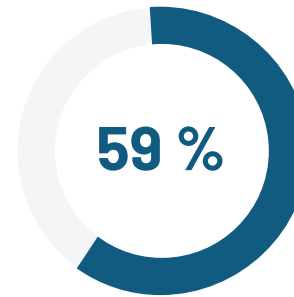
Tabla 3. Ejemplos de tecnologías que potencializan la economía circular

Tecnología	¿Cómo se puede potencializar la economía circular?	Ejemplo
 <p>Big data</p>	<p>En el diseño de producto acorde con las especificaciones de economía circular que se le den. El algoritmo podrá dar soluciones al diseño. (Ellen MacArthur Foundation, 2016).</p>	<p>Cassan tec AG</p> <p>Usa big data para analizar e identificar posibles amenazas del viento en las fincas de energía eólica.</p>
 <p>Blockchain</p>	<p>Dar trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro, y así disminuir los residuos generados. (Ellen MacArthur Foundation, 2019).</p>	<p>Provenance</p> <p>Da la posibilidad por medio de su plataforma de dar trazabilidad a los materiales y su ciclo de vida.</p>
 <p>IoT</p>	<p>Monitorear información de consumo de energía y así poder entender cómo reducirlo. (Kate Brandt Lead for Sustainability, Google Inc.)</p>	<p>LoRaWan</p> <p>Cuentan con tecnología de IoT para monitorear la calidad del aire.</p>
 <p>Impresión 3D</p>	<p>Imprimir partes de maquinaria para repararla. Estas impresiones usan menos cantidad de material, por lo que se reducen los residuos generados. (Ellen MacArthur Foundation, 2019)</p>	<p>Local Motors</p> <p>Produce el 80 % de las partes con un solo material por ser impreso en 3D. Lo que lleva a que esas partes puedan ser reutilizadas por la impresora.</p>
 <p>Inteligencia artificial</p>	<p>En el diseño de producto acorde con las especificaciones de economía circular que se le den. El algoritmo podrá dar soluciones al diseño. (Ellen MacArthur Foundation, 2016).</p>	<p>ZENROBOTICS</p> <p>Cuentan con sensores y cámaras que envían información al sistema de inteligencia artificial, el cual está codificado para identificar las corrientes de residuos y envía información al robot para hacer la separación de residuos.</p>
 <p>Plataformas en la nube</p>	<p>Digitalizar información en plataformas en la nube disminuye el uso de recursos como el papel para la gestión de información (Valopes, 2020).</p>	<p>Valopes Document</p> <p>Plataforma en la nube para dar trazabilidad a flujos ambientales en tiempo real.</p>
 <p>Analítica de datos / Inteligencia de negocios</p>	<p>Al tener analíticas de datos en tiempo real, la toma de decisiones es más rápida y se pueden reducir los impactos ambientales (Valopes, 2020).</p>	<p>Valopes Reporting</p> <p>Plataforma de desarrollo de reportes personalizados de información ambiental para reducir el uso de recursos naturales e impactos.</p>

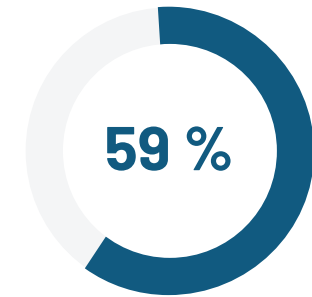
Se han realizado varios estudios en los que se quiere entender cómo las empresas están relacionadas con la transformación digital, qué tecnologías se están utilizando, las causas por las cuales se lleva a cabo o no la compra de un software. Por ejemplo, en el 2018, el Centro Internacional de Datos (IDG) de Massachusetts realizó este análisis para 628 empresas en Estados Unidos. Otro ejemplo es el estudio realizado por la Vicepresidencia de Transformación Digital de la ANDI en Colombia en el 2017.

Durante estas investigaciones se determinó qué tecnologías se están implementando en las empresas. Para Estados Unidos el top cinco de tecnologías utilizadas es: i) big data, ii) tecnologías móviles, iii) nubes privadas, iv) nubes públicas y v) APIs. En cambio, para Colombia se están utilizando más las nubes (privada y pública), inteligencia de negocios (siglas en inglés Business Intelligence BI), tecnologías móviles, e-commerce e IoT. Cabe resaltar que estos estudios se hicieron en años diferentes por lo que pueden haber cambiado estos porcentajes. En los siguientes diagramas se puede ver en qué porcentaje se está utilizando una herramienta más que otra.

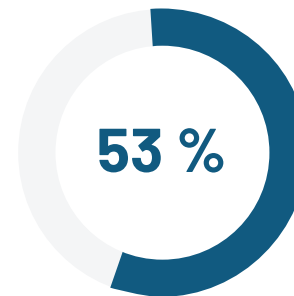
Big data IDG



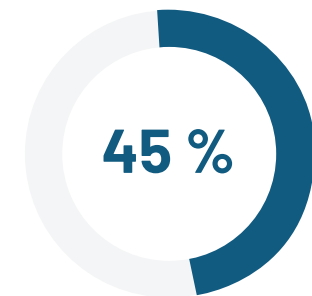
Tecnologías móviles IDG



Nube privada IDG



Nube pública IDG



API IDG

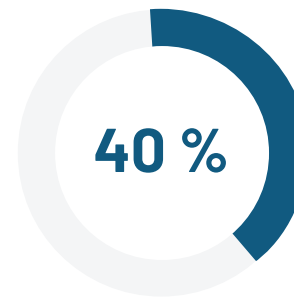


Figura 12. Top 5, tecnologías en Estados Unidos (2018)
Fuente: Adoptado IDG Communications, Inc, 2018

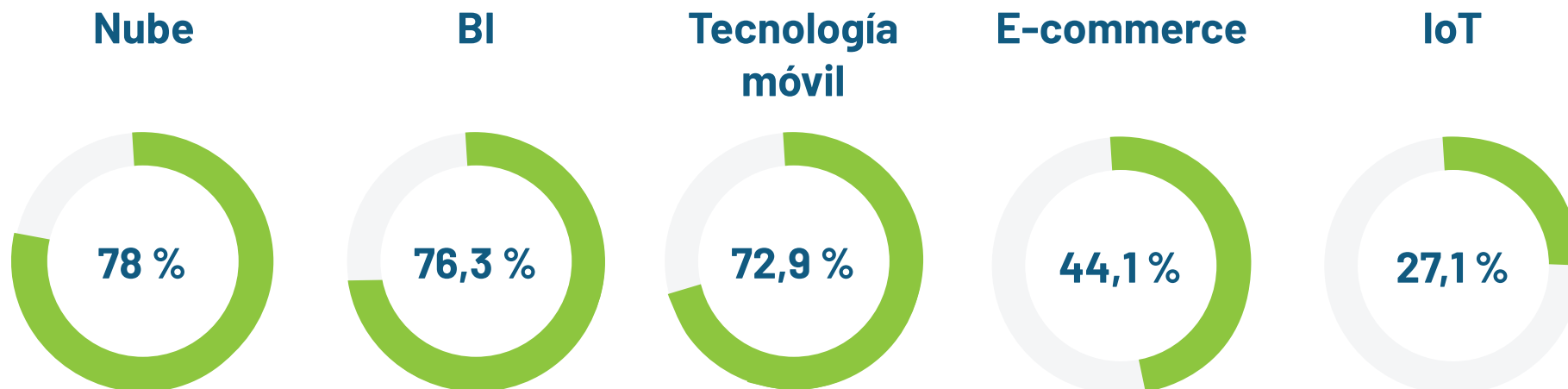


Figura 13. Top 5 tecnologías en Colombia (2017)

Fuente: Adoptado de Vicepresidencia de Transformación Digital de la ANDI, 2017)

En estos estudios también se buscó entender por qué las empresas no están transformadas digitalmente, y se encontró que los mayores detractores (en ambos estudios) son la falta de cultura, presupuesto, personal capacitado y conocimiento en el tema, necesidad de cambio de sistemas legales.



Teniendo en cuenta estos detractores, es claro que, para lograr una transformación digital útil y viable para llegar a una economía circular, las organizaciones deben tener en cuenta a los trabajadores y sus capacidades. Se debe cambiar la cultura organizacional, apoyar en el crecimiento técnico de software a los trabajadores de modo que estos vean una oportunidad de crecimiento en el uso de la herramienta, y no un obstáculo.

Recomendaciones

A manera de guía para aprovechar las ideas discutidas en transformación digital aplicadas a la economía circular se presenta a continuación un grupo de recomendaciones generales y específicas por actores relevantes priorizados.

- En gestión de datos, la principal recomendación es realizar un censo y evaluar su calidad. El propósito es saber con qué datos se cuenta. Desde un punto de vista de metodologías ágiles, la intención es desarrollar procesos de extracción de información mientras se complementan las bases y así no tener que esperar. Es claro que para quienes no tienen bases de datos estructuradas la oportunidad está en contar con sistemas de gestión de datos ambientales.

- La primera recomendación apunta de preferencia al sector público, dado que los datos públicos abiertos propician las iniciativas y la formulación de oportunidades.

- La segunda recomendación de un sistema de gestión de datos apunta más al sector privado para que integre los datos

ambientales a sus políticas o planes de transformación digital.

- En gestión de información, la recomendación consiste en desarrollar las capacidades de talento humano para la aplicación de herramientas de extracción de información, en particular en ciencia de datos. Esta recomendación tiene un mayor alcance en el sector privado que verá a corto plazo los beneficios y así el aumento en productividad. En la actualidad no son evidentes los beneficios por la falta de casos de éxito locales y documentados lo que genera incertidumbre por desinformación y no por falta de beneficios.

- En gestión de conocimiento la recomendación consiste en crear comunidad en relación a los datos; esto es, gestionar iniciativas y apoyar el desarrollo de ideas tanto internas en la organización como para la sociedad. El apoyo de iniciativas es una estrategia económica para sondear oportunidades, al mismo tiempo que se genera reconocimiento por los aportes, transparencia por las iniciativas y beneficios por sorprendentes logros que se alcanzan en comunidad.

Recomendaciones específicas por actores relevantes:



Gobiernos y entes de control

- Para las autoridades o entes de control en gestión ambiental la principal recomendación consiste en generar incentivos para implementar sistemas digitales de control y seguimiento. La idea es gestionar los datos ambientales a reportar por obligatoriedad de forma digital desde su captura hasta su presentación, lo que va a permitir hacer seguimiento continuo sobre la información de las organizaciones que están bajo su jurisdicción. Para esto será clave evaluar los sistemas de información

actuales, y su capacidad de extraer los datos estructurados con el propósito de diseñar y desarrollar analíticas avanzadas que deriven en la consolidación de líneas de trabajo apoyadas por la evidencia. Con información ambiental estructurada se contará con un factor diferencial en el momento del diseño y priorización de estrategias dentro del marco de la economía circular. En este sentido los incentivos apuntan a una transformación digital tanto del ente de control como de

los actores, de forma concertada para mejorar los niveles de reporte y la calidad de los mismos.



- *Para los empresarios la principal recomendación está en priorizar inversiones que permitan transformar sus empresas en organizaciones basadas en datos comprometidas en repensar su futuro, en relación con su operación, con su contexto (ecosistema), sus cadenas de valor y suministros, al igual que de gestión y aprovechamiento de excedentes industriales y consumo de recursos claves como energía, agua y materia prima; además, que tengan claridad sobre sus contribuciones ambientales dentro de su operación diaria, canales de ventas y fidelización de clientes. Esto enmarcado dentro del propósito de la economía circular que es actuar para mitigar la inminente escasez de recursos a la que nos enfrentamos como sociedad. Por otro lado, un rol fundamental que pueden y deben cumplir los empresarios es comunicar los diversos avances que se generen dentro de su organización a sus grupos de interés; entre estos la comunidad. Se entiende que no solo el ser transparente es un sinónimo de responsabilidad, sino que también puede ser un factor diferencial en el momento de la toma de decisiones de los consumidores, quienes cada vez más muestran interés por entender cuáles son los impactos y beneficios ambientales asociados a los productos que consumen.*

Como resultado de estas recomendaciones se tendrá un sector público fortalecido con un sistema de información ambiental robusto y resiliente, de tal manera que habilita la coordinación y el seguimiento, y será soporte a políticas públicas enmarcadas dentro de la economía circular. Al mismo tiempo se tendrá un sector productivo comprometido, transparente y agradecido, con la capacidad de generar y explotar sus propias oportunidades que serán evidentes gracias a los datos.

Conclusiones

La transformación digital en las organizaciones cada vez emerge como un aliado potencial para crear y consolidar oportunidades en referencia a innovaciones circulares digitales.

La principal oportunidad que presenta la transformación digital de los flujos ambientales, en las organizaciones, está asociada con tener los datos suficientes para posicionarse como una organización basada en datos, comprometida en repensar su futuro, en relación con su operación, con su contexto (ecosistema), sus cadenas de valor y suministros, al igual que de gestión y aprovechamiento de excedentes industriales, canales de ventas y fidelización de clientes. Esto enmarcado dentro del propósito de la economía circular que es actuar para mitigar la inminente escasez de recursos a la que nos enfrentamos como sociedad.

En resumen, la utilidad de la transformación digital en el contexto de la economía circular es la posibilidad de acelerar los procesos de captura, procesamiento y capacidad de visualización de información relevante en torno a la toma de decisiones dentro del marco conceptual de la economía circular. Es necesario entender que el reto que afronta la EC es gigantesco y que aún este es un paradigma que se está asentando en el imaginario colectivo de la sociedad.

Dentro del contexto nacional, uno de los referentes en procesos de transformación digital dentro de la economía circular ha sido el trabajo implementado por Valopes, que se ha enfocado en ayudar a la industria a estructurar sus datos de flujos ambientales, a partir de agilizar la captura de datos por medio de la integración de diversos dispositivos (aplicaciones móviles, plataformas en la nube y sensores) dentro de la operación. Al igual que desplegar capacidades de inteligencia de negocios y visualización para el

desarrollo de analíticas, que permiten identificar oportunidades de innovación y optimización.

Por ejemplo, en la gestión de los excedentes industriales, permiten tener información descriptiva sobre los volúmenes generados y gestionados en tiempo real en cada uno de los establecimientos de la organización; al igual que los movimientos económicos asociados; dando un entendimiento sobre las oportunidades de mejorar en la gestión de estos para no solo reducir la disposición final sino también aumentar las eficiencias económicas.

Cabe resaltar que parte de este trabajo se realiza a partir del levantamiento de datos a nivel nacional sobre proveedores, materiales y tarifas que ha venido consolidando Valopes, y que habilita el desarrollo de casos de negocios y modelación de escenarios económicos para optimizar estos procesos. Siendo este el paso predecesor de lograr coordinar la consolidación de sinergias entre actores y así dar vida a un marketplace de subproductos y excedentes industriales.

Los principales retos que se han identificado en cuanto a los procesos de transformación digital son que las organizaciones tengan en cuenta que estos deben contar con el soporte de los ejecutivos de la entidad al igual que tener un equipo líder que vele por los mismos. Adicional a esto e igual de importante es generar los espacios de divulgación, entrenamiento y transferencia de conocimiento con colaboradores, lo que permite asegurar que se cuente con las capacidades de adoptar de manera efectiva las nuevas herramientas digitales de trabajo. En últimas, estos procesos de transformación digital requieren de procesos de planeación estratégica.

Como reflexión final, los procesos de transformación digital presentan una enorme utilidad para acelerar la transición de nuestra economía lineal hacia una circular, que reduzca el desperdicio de los materiales y propenda la preservación de los recursos naturales. Para esto se debe contar tanto con el liderazgo del sector industrial, como con la generación de incentivos y deberes por parte del sector público para que las organizaciones puedan apalancar estos procesos, que requieren de inversión, dedicación y liderazgo. Por otro lado, el sector público debe trabajar en fortalecer también sus sistemas de información ambiental, de tal manera que habiliten la coordinación y el seguimiento, y soporten las políticas públicas enmarcadas en la economía circular.

Referencias

- Anderson, Chris. *The Long Tail: How Endless Choice Is Creating Unlimited Demand*. Random House Business Books (2006). <https://www.wired.com/2004/10/tail/>
- Antikainen, M., Uusitalo, T., & Kivikytö-Reponen, P. (3 de julio de 2018). *Digitalization as an Enabler of Circular Economy*. *Procedia CIRP*, 73, 45-49. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027>
- Bullock, L. (2018). *Forbes*. Obtenido de *What Is Digital Adoption And Why You Really Need To Know About It*: <https://www.forbes.com/sites/lilachbullock/2018/12/10/what-is-digital-adoption-and-why-you-really-need-to-know-about-it/#4f14c8bb7371>
- CONPES 3920 de 2018 de "Política nacional de explotación de datos (Big data)" <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3920.pdf>
- CONPES 3975 de 2018 de "Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial". <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
- EIT Climate – KIC. (2018). *Digitalisation – unlocking the potential of the circular economy* Recuperado de: https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2018/08/ClimateKICWhitepaperFinalDigital_compressed.pdf
- Ellen MacArthur Foundation and Google. (2019). *Artificial intelligence and the circular economy ai is a tool to accelerate the transition*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *Intelligent assets: unlocking the circular economy potencial*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture how the circular economy tackles climate change*.
- Ellis, S. (1 de mayo de 2018). *Infor*. Obtenido de *Designing tomorrow: The digital transformation journey*: <https://www.infor.com/blog/designing-tomorrow-the-digital-transformation-journey>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). (2018). *GreenTech made in Germany 2018*. BMU. Recuperado el 21 de 09 de 2020, de https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/greentech_2018_en_bf.pdf
- Gartner, 2019-Data Maturity and Transformation Journey, Recuperado de: <https://www.gartner.com/en/information-technology/customer-success-stories/a-data-maturity-and-transformation-journey>
- Google Trends, search for Digital Transformation Recuperado de: <https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=digital%20transformation>
- Henning W, Holger B. *The Digital Circular Economy: Can the Digital Transformation Pave the Way for Resource-Efficient Materials Cycles?*. *Int J Environ Sci Nat Res*. 2017; 7(5): 555725. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.07.555725.
- Hermannn, Mario; Pentek, Tobias & Otto, Boris. (2016) *Design Principles for Industrie 4.0*. IEEE Xplore Conference 2016 - 49th Hawaii International; DOI:10.1109/HICSS.2016.488
- *How to build a data-driven organization – Key questions and capabilities* <https://www.tableau.com/learn/articles/how-to-build-a-data-driven-organization>
- IDG Communications, Inc. (2018). *State of Digital Business Transformation*.
- Maatta, Marika. (2019) - *Circular goes digital*, Recuperado de: <https://>

www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fi/Documents/risk/Circular%20goes%20digital.pdf

- McKinsey Global Institute. (2018). Skill shift automation and the future of the workforce.
- Mura, A. (2020). Userlane. Obtenido de What Is Digital Adoption and How Does It Impact Transformation?: <https://blog.userlane.com/what-is-digital-adoption-definition/#:~:text=Digital%20Adoption%20and%20Change%20Processes,simple%20implementation%20of%20new%20technology.&text=Digital%20transformation%20requires%20effective%20change,focus%20on%20improving%20em>
- Richard Berntsson Svensson and Maryam Taghavianfar. "Toward Becoming a Data-Driven Organization: Challenges and Benefits." F. Dalpiaz et al. (Eds.): RCIS 2020, LNBIP 385, pp. 3-19, 2020. Research Challenges in Information Science. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50316-1_1
- Riechert, Tom & Hutchinson, Rich. (2020). Digital Transformation: Tow question top every CEO's digital agenda, Recuperado de: <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/digital-transformation/overview>
- The Sierra-Cedar 2019-2020 HR Systems Survey White Paper 22nd Annual Edition <https://www.sierra-cedar.com/2019/10/02/pr-2019-hrss-white-paper-release/>
- Twilio (2020) COVID-19 Digital engagement report, Recuperado: <https://www.twilio.com/covid-19-digital-engagement-report>
- Encuesta de Transformación Digital 2017.
- World Economic Forum, White Paper digital Transformation of

Industries, January 2016 Recuperado de: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/digital-enterprise-narrative-final-january-2016.pdf>

