

¿Cuál es la realidad de la implementación de tecnologías disruptivas en la industria?

Evidencias, desafíos y valor generado

Aileen Diane Pusey Mitchell
Ingeniera electrónica, MSc. Ingeniería industrial
Cra 27 No. 55A – 49
adiane0720@gmail.com
Barrancabermeja - Santander

RESUMEN: La transformación industrial impulsada por tecnologías disruptivas ha introducido cambios estructurales irreversibles en la forma en que las organizaciones diseñan, operan y gestionan sus activos. Tecnologías como analítica avanzada, inteligencia artificial, IIoT, gemelos digitales y plataformas de datos industriales se han posicionado como habilitadores clave para mejorar la confiabilidad, la productividad y la sostenibilidad operativa a lo largo del ciclo de vida de los activos. No obstante, la evidencia demuestra que su impacto real dista de ser homogéneo. Estudios de McKinsey, World Economic Forum y Accenture (2023-2024) muestran que solo una fracción de empresas en América Latina captura beneficios tangibles, ya que la adopción tecnológica sola no garantiza resultados sostenibles. Este documento analiza la implementación de estas tecnologías en Colombia, Latinoamérica y el mundo: evidencias, desafíos y valor generado.

Introducción

Desde la perspectiva de la ingeniería de confiabilidad y la gestión de activos, las tecnologías disruptivas no se limitan a la digitalización de procesos productivos, sino que habilitan la transformación sistemática de datos operacionales en información y conocimiento para la toma de decisiones basada en riesgo a lo largo del ciclo de vida del activo. Sin embargo, la evidencia industrial demuestra que su adopción no garantiza, por sí sola, mejoras sostenibles en confiabilidad, desempeño operacional o generación de valor. Tecnologías como el Internet Industrial de las Cosas (IIoT, por sus siglas en inglés), la analítica avanzada, la inteligencia artificial (AI) y la computación en la nube, han ampliado de manera significativa la capacidad de monitoreo, diagnóstico y pronóstico de los sistemas industriales, facilitando la transición desde enfoques predominantemente reactivos y preventivos hacia estrategias predictivas y pres-

criptivas de operación y mantenimiento.

Entre tantos interrogantes, surge uno que será objeto de análisis en este documento: *¿Cuál es la realidad de la implementación de tecnologías disruptivas en la ingeniería de confiabilidad y la gestión de activos en la industria?* En la práctica industrial, persiste una brecha relevante entre el potencial teórico atribuido a las tecnologías disruptivas y los resultados efectivamente alcanzados en su implementación. El análisis de casos reales en industrias intensivas en activos, tales como manufactura, energía, logística y procesos químicos, muestra que las principales limitaciones no son de carácter tecnológico, sino organizacional y sistémico. Entre las barreras más recurrentes se identifican la fragmentación de la información, la baja integración entre sistemas operacionales y de gestión, la limitada madurez analítica y la dependencia de iniciativas aisladas de digitalización, que dificultan la consolidación

de procesos institucionalizados de confiabilidad y gestión de activos.

A partir de la revisión de evidencias empíricas y análisis comparativos de madurez tecnológica y adopción de tecnologías disruptivas en diferentes sectores industriales, se examina la realidad de su implementación, evaluando tanto los desafíos que condicionan su efectividad como el valor generado en términos de confiabilidad operacional, optimización del costo del ciclo de vida y reducción del riesgo.

El estudio considera de manera explícita el grado de madurez alcanzado por tecnologías como IIoT, analítica de datos, inteligencia artificial y automatización, así como su impacto diferenciado según el tipo de industria y el nivel de integración con los procesos de gestión de activos.

En este contexto, el presente artículo propone un marco analítico que integra las tecnologías disruptivas con las prácticas de la ingeniería de confiabilidad y los principios de la gestión de activos establecidos en la norma ISO 55000, destacando la importancia de una adopción progresiva y alineada con el ciclo de vida del activo.

Los resultados muestran que cuando la tecnología se concibe como un habilitador dentro de un sistema sociotécnico coherente - en el que personas, procesos y datos interactúan de forma estructurada - es posible avanzar hacia niveles superiores de madurez, generar ahorros operacionales medibles y fortalecer la sostenibilidad y competitividad de largo plazo en las organizaciones.

Las tecnologías como factor diferenciador

Las tecnologías disruptivas se han convertido en un elemento estructural de la ventaja

competitiva industrial al permitir niveles de eficiencia, visibilidad y control antes inalcanzables. Su verdadero impacto no radica únicamente en la automatización, sino en la capacidad de transformar datos operacionales en conocimiento accionable para la toma de decisiones estratégicas. En entornos industriales intensivos en activos, estas tecnologías permiten reducir la variabilidad del desempeño, anticipar fallas y optimizar recursos, impactando directamente indicadores como OEE (Overall Equipment Effectiveness), costos de mantenimiento y riesgo operacional. No obstante, el grado de diferenciación logrado depende de la integración tecnológica con procesos y modelos de gestión maduros.

Tecnologías disruptivas. Se entiende por tecnología disruptiva a todos aquellos conceptos, servicios, y dispositivos que cambian drásticamente la forma como operan y se comportan las organizaciones y las personas. En todas las épocas, las tecnologías disruptivas, han marcado un antes y un después en el desarrollo de las actividades socioeconómicas.

En general, todas aquellas tecnologías que facilitan la obtención de la información de las operaciones permitiendo la disponibilidad de los *datos* necesarios para los análisis de desempeño de los activos, durante todo el ciclo de vida, han revolucionado a la industria en algún momento de la historia; por tanto, *los avances tecnológicos, siempre marcan tendencia.*

Incursión de las tecnologías disruptivas en la industria. Las tecnologías disruptivas relevantes para la industria incluyen analítica avanzada e inteligencia artificial, Internet Industrial de las Cosas (IIoT), gemelos digitales, robótica avanzada, manufactura aditiva, realidad aumentada y plataformas *cloud* industriales. En el ámbito industrial, estas tecnologías redefinen la forma en que se monitorean, analizan y gestionan los activos

físicos. Su carácter disruptivo no se limita a la tecnología en sí, sino a la ruptura de paradigmas tradicionales de mantenimiento reactivo y planificación basada en históricos limitados, habilitando enfoques predictivos y prescriptivos.

Ahora bien, la producción y consumo de bienes y servicios ha cambiado en ocasión al uso de todo tipo de tecnología que está disponible hoy día; desde el advenimiento de la revolución industrial y más aún con el inicio de la *Industria 4.0* desde 2011 en adelante, el uso de la tecnología, se ha masificado; en la Figura 1, se muestran algunas de estas tecnologías y seguidamente, se describen.



Fig 1. Algunas de las tecnologías de la industria 4.0.

Tomado de <https://marcapaisuruguay.gub.uy/uruguay-comienza-a-incursionar-en-la-industria-4-0-con-uso-de-tecnologias-digitales/#>

- Automatización y robótica: permitió a las industrias, aumentar su eficiencia y el ahorro de costos; inicialmente la robótica, fue concebido para la realización de tareas repetitivas; sin embargo, hoy día este concepto está revaluado; ejemplo de ello, pueden ser los *drones* (Unmanned Aerial Vehicle).
- IIoT (Industrial Internet of Things): ecosistema de dispositivos de red, sensórica, y aplicaciones que trabajan juntos para

recopilar, monitorear, almacenar y analizar datos de los procesos industriales.

- Computación en la nube: permite a las empresas almacenar y procesar grandes volúmenes de información, de manera escalable, en un entorno colaborativo y flexible.
- Computación de borde (Edge computing). permite que los datos generados por dispositivos IoT sean procesados de manera inmediata, en lugar de "viajar" a centros de datos o nubes de computación. En esencia, esto permite a las industrias analizar y procesar los datos prácticamente en tiempo real
- Realidad Virtual y Realidad Aumentada (VR/AR): muy utilizado para entrenamiento y simulaciones.
- Big Data: permite la identificación de patrones y tendencias para tener eficiencia en los procesos.
- Fabricación aditiva (impresiones 3D): permite la creación de modelos tridimensionales.

La gestión de activos y las tecnologías disruptivas

La gestión de activos, en el marco de ISO 55000, encuentra en la tecnología un habilitador clave para cerrar la brecha entre estrategia y operación. La digitalización del ciclo de vida del activo permite una trazabilidad integral desde el diseño hasta el retiro o desincorporación del activo, mejorando la toma de decisiones de inversión, operación y mantenimiento. La tecnología actúa como catalizador, pero el valor se materializa únicamente cuando se integra con procesos de gestión de riesgos, desempeño y costos, consolidándose cuando existe una alineación estratégica, disciplina operativa y cultura de confiabilidad.

Si bien la adopción de tecnologías disruptivas es creciente, existe una brecha significativa

entre implementación tecnológica y generación de valor sostenible. En Colombia y Latinoamérica, las principales limitaciones se relacionan con madurez organizacional, integración de sistemas heredados y escasez de capacidades analíticas avanzadas. A nivel global, los mayores beneficios se observan cuando la tecnología se integra explícitamente con modelos de gestión de activos y confiabilidad, evitando enfoques aislados o puramente tecnológicos. La realidad industrial confirma que la tecnología es un medio, no un fin.

En la Figura 2, se muestran un gráfico comparativo de los beneficios obtenidos por el uso de tecnologías disruptivas en la industria, en Colombia, Latinoamérica y el mundo. Los valores corresponden a ahorros operativos logrados (%), consolidados para los años 2023, 2024 y 2025. Estos valores corresponden a estimaciones técnicas basadas en benchmarking industriales, reportes de consultoras internacionales, tales como: McKinsey, Deloitte, Gartner, WEF y evidencia documentada de implementaciones en gestión de activos y confiabilidad para dichos años.

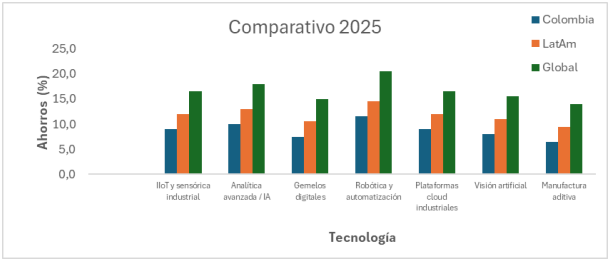
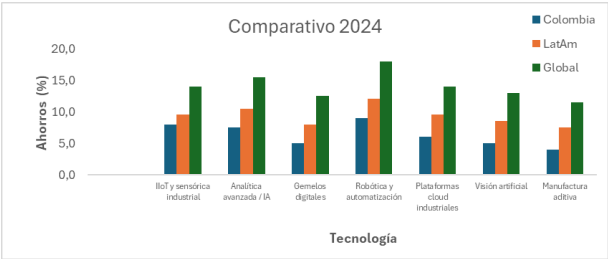
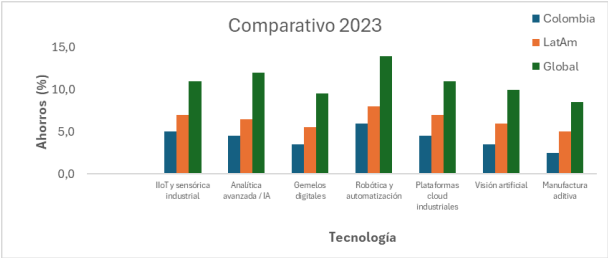


Fig. 2. Ahorros obtenidos con la implementación de las tecnologías disruptivas. Elaboración propia. Diversas fuentes de información.

El ahorro promedio (%) indica que las mayores beneficios económicos netos se concentran en mantenimiento, energía, calidad y continuidad operacional, disgregados en los siguientes conceptos:

- Reducción de costos operativos recurrentes, tales como:
 - Mantenimiento correctivo
 - Paradas no programadas
 - Pérdidas de producción
 - Consumo energético
 - Reprocesos
- Mejoras en eficiencia y disponibilidad de activos
- Optimización del costo del ciclo de vida del activo (LCC).

De otro lado, en una escala de madurez se clasifica el grado de implementación de tecnologías disruptivas en cinco niveles que van desde un enfoque exploratorio y reactivo hasta un estado optimizado y adaptativo, alineado con los principios de gestión de activos y la ingeniería de confiabilidad, como se explica en la Tabla 1.

Es importante resaltar que esta escala de madurez no representa la adopción tecnológica aislada, sino que combina capacidades técnicas y organizacionales específicas permitiendo una transición ordenada desde enfoques reactivos hasta modelos optimizados del desempeño del activo.

Tabla 1. Descripción de los niveles de madurez en la adopción de tecnologías disruptivas. Elaboración propia. Diversas fuentes de información.

Nivel	Descripción	Características
Nivel 1 – Exploratorio o Reactivo	La organización se encuentra en una fase inicial, con adopción mínima o inexistente de tecnologías disruptivas. El enfoque operativo es predominantemente reactivo.	-Uso limitado de sensores o sistemas aislados -Datos no integrados ni normalizados -Mantenimiento mayoritariamente correctivo -Decisiones basadas en experiencia individual
Nivel 2 – Piloto o Experimental	La organización inicia proyectos piloto de tecnologías disruptivas en activos o procesos específicos, generalmente impulsados por áreas técnicas o de innovación.	- Pilotos de IIoT, analítica o PdM (Predictive Maintenance) en pocos activos - Datos históricos limitados - Resultados no escalados - Dependencia de proveedores externo
Nivel 3 – Implementación Parcial o Funcional	Las tecnologías disruptivas ya están implementadas en operación real, pero de forma parcial o no integrada a nivel organizacional.	- PdM aplicado a activos críticos seleccionados - Integración básica con CMMS/EAM - KPIs técnicos definidos (disponibilidad, OEE) - Uso operativo de analítica para decisiones tácticas
Nivel 4 – Integrado o Sistémico	La tecnología está integrada de manera transversal con la gestión de activos, confiabilidad y operación, generando valor consistente y medible.	- APM (Asset Performance Management) integrado con operación y mantenimiento - Gemelos digitales operativos - Analítica prescriptiva - Gestión de riesgo y criticidad basada en datos
Nivel 5 – Optimizado o Adaptativo	La organización alcanza un nivel avanzado donde la tecnología es un habilitador estratégico de la toma de decisiones, con mejora continua y adaptación dinámica.	- Sistemas autoaprendientes (ML avanzado) - Optimización continua de procesos y activos - Decisiones automatizadas o semiautomatizadas - Enfoque total de costo del ciclo de vida (LCC)

Igualmente en la Figura 3, se presenta un gráfico de la comparación realizada del nivel de madurez en la implementación de tecnologías disruptivas en Colombia, América Latina y el contexto global, considerando su aplicación en industrias intensivos en activos.

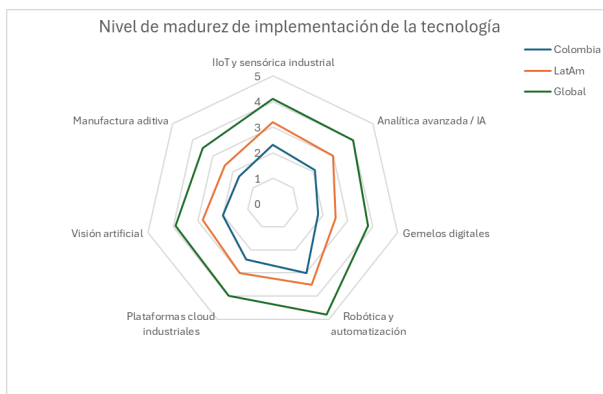


Fig 3. Nivel de madurez en la adopción de tecnologías disruptivas

Elaboración propia. Diversas fuentes de información.

Se evidencian brechas estructurales de madurez tecnológica entre Colombia, Latinoamérica y el contexto global en la adopción de tecnologías disruptivas aplicadas a procesos industriales. Mientras que el promedio global muestra niveles avanzados y relativamente homogéneos (especialmente en robótica, automatización, analítica avanzada e IIoT), Latinoamérica se

sitúa en un nivel intermedio de adopción, con avances relevantes pero aún desbalanceados entre tecnologías habilitadoras. Colombia, por su parte, refleja una madurez incipiente a intermedia, concentrada principalmente en iniciativas puntuales de sensorística, plataformas *cloud* y automatización básica, con rezagos notorios en gemelos digitales, visión artificial y manufactura aditiva. Este contraste sugiere que el desafío para Colombia y la región no es únicamente tecnológico, sino estratégico: pasar de adopciones aisladas a esquemas integrados, alineados con la gestión de activos y la ingeniería de confiabilidad, que permitan capturar valor sostenido, cerrar brechas competitivas y acelerar la transición hacia modelos industriales más resilientes, predictivos y orientados al desempeño.

En alineación con la Figura 3, en la Tabla 2, se presentan las aplicaciones de mayor impacto por tipo de tecnología utilizada y sector o región. Es de anotar que, las implementaciones predominantes en Colombia, corresponden a aplicaciones para el mantenimiento predictivo basado en IIoT y analítica avanzada, donde el impacto principalmente está en la reducción de fallas y costos operativos. En contraste, los casos Latinoamericanos más avanzados y, especialmente, los globales, evidencian una

Tabla 2. Implementaciones de mayor impacto por región/industria. Elaboración propia. Diversas fuentes de información.

Tecnología disruptiva	Tipo de aplicación industrial	Impacto económico documentado	País	Nivel de madurez (0–5)
IIoT + Analítica avanzada / IA	Mantenimiento predictivo en refinería	Reducción OPEX 10–15%/reducción de fallas (30%)	Colombia (Ecopetrol – Barrancabermeja)	3
IoT + analítica de procesos	Producción inteligente de alimentos	Disminución de desperdicios (10–15%) Aumento del OEE (5–8%)	Colombia (Grupo Nutresa)	3
Gemelos digitales + analítica	Gestión de activos mineros	Disminución de costos operativos (8–12%) Aumento de los rendimientos (3–5%)	Chile (Codelco)	4
Visión artificial + IA	Inspección de integridad	Disminución de costos de inspección (25–40%)	Brasil (Petrobras)	4
Analítica avanzada + IA	Optimización energética industrial	Ahorro energético 5–12%	México (CEMEX)	4
Manufactura aditiva	Manufactura flexible	Disminución de Inventarios (20–30%) Disminución de tiempos de entrega (50%)	Global (Airbus)	4
IA / Machine Learning	Optimización de confiabilidad en generación eléctrica	Aumento de disponibilidad (2–4%) que representa más de \$50M/año	Global (GE – flotas)	5
Robótica + APC	Automatización avanzada de procesos	Aumento de productividad (5–10%) Disminución de desperdicios (15–20%)	Global (Siemens – plantas)	5
APM + Big Data	Gestión APM corporativa	Disminución del TCO (Costo total de producción) (10–20%). Mejoramiento del CAPEX.	Global (Shell)	5
IA + sensores + gemelos digitales	Redes eléctricas inteligentes	Disminución de interrupciones (20–30%)	Global (Enel)	5

integración estructural de tecnologías como gemelos digitales, robótica e inteligencia artificial.

Los resultados comparativos muestran que, mientras a nivel global las organizaciones han avanzado hacia niveles de madurez altos (4–5), donde la analítica avanzada, los gemelos digitales, las plataformas APM (Asset Performance Management) y la inteligencia artificial alimentan decisiones operativas, tácticas y estratégicas, en Colombia y en gran parte de Latinoamérica predomina aún una adopción intermedia (niveles 2–3), caracterizada por aplicaciones focalizadas en activos críticos y beneficios concentrados principalmente en OPEX, disponibilidad y reducción de fallas.

Esta brecha no responde exclusivamente a limitaciones tecnológicas, sino a factores estructurales como la ausencia de incentivos sistemáticos, la fragmentación de iniciativas, la heterogeneidad de los activos y la limitada articulación entre tecnología, procesos y personas. En este contexto, el principal desafío para la industria no es acelerar la adopción tecnológica de manera aislada, sino

evolucionar hacia esquemas integrados y gobernados, donde las tecnologías disruptivas se conviertan en habilitadores formales de la toma de decisiones sobre confiabilidad, riesgo y costos totales, alineados con objetivos de desempeño sostenibles en el tiempo.

Este enfoque permite cerrar el ciclo entre tecnología, valor económico y resiliencia operacional, consolidando una adopción madura que trascienda la experimentación y se traduce en ventajas competitivas sostenibles.

En resumen, la incursión industrial ha sido progresiva y heterogénea. Mientras sectores como energía, minería y oil & gas han avanzado hacia esquemas de monitoreo en tiempo real y analítica predictiva, otras industrias manufactureras aún se encuentran en fases *piloto*.

Conclusiones

La evidencia muestra que las implementaciones exitosas se concentran en casos de uso claramente definidos, alineados con objetivos de negocio y soportados por capacidades internas en datos e ingeniería. La brecha entre

adopción tecnológica y generación de valor sigue siendo uno de los principales retos.

La incorporación de tecnologías disruptivas en la ingeniería de confiabilidad y la gestión de activos industriales está transformando la manera en que las organizaciones recopilan, analizan y utilizan los datos para la toma de decisiones. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, la efectividad de estas soluciones sigue estando condicionada por la calidad y disponibilidad de los datos, así como, por la cultura organizacional en torno a su gestión.

La generación de valor no depende de la tecnología, sino del nivel de integración sistémica. Las implementaciones aisladas, aun con tecnologías avanzadas, tienden a estancarse en niveles de madurez intermedios (2–3), limitando su impacto a mejoras operativas puntuales sin incidir en decisiones estratégicas para las organizaciones.

Se identifica la ingeniería de confiabilidad como el puente crítico entre tecnología y decisión estratégica. Los casos de nivel 4 - 5 de madurez muestran que, la ingeniería de confiabilidad actúa como el integrador natural entre datos, modelos analíticos y decisiones de negocio. Sin esta disciplina, las tecnologías disruptivas tienden a operar como herramientas de monitoreo y no como habilitadores de estrategias de gestión de riesgo, confiabilidad y desempeño del activo.

Reflexiones finales

Las tecnologías disruptivas no transforman la industria por sí solas; lo hacen, cuando se integran en decisiones confiables a lo largo del ciclo de vida del activo; por tanto, solo genera valor sostenible cuando se integra a procesos formales de gestión de activos y confiabilidad, bajo un modelo de madurez claramente definido y gobernado.

Las soluciones tecnológicas deben estar explícitamente conectadas con procesos como análisis de criticidad, estudios de RCM, planificación de mantenimiento, gestión del riesgo y decisiones de reemplazo o extensión de vida útil, garantizando coherencia entre datos, modelos y decisiones.

El foco de las métricas debe estar orientado hacia indicadores de impacto económico y operativo, como reducción de TCO (Costo Total Operativo), mejora de OEE y disminución de eventos de alto riesgo. Y no, en indicadores puramente técnicos (número de sensores, modelos implementados).

Es clave desarrollar perfiles combinados que integren ingeniería de confiabilidad, analítica y gestión de activos, así como establecer mecanismos de colaboración entre áreas técnicas, TI (Tecnología de la Información) y finanzas, para asegurar que la información generada se traduzca en decisiones de impacto organizacional.

Es necesario a nivel país, fortalecer incentivos, programas sectoriales y centros de excelencia que permitan escalar la adopción de tecnologías disruptivas más allá de iniciativas aisladas, lideradas por las industrias de mayor poder; con ello, se facilita el tránsito hacia modelos industriales más resilientes, eficientes y competitivos.

Aileen Diane Pusey Mitchell. Ingeniera electrónica - *IAM certificate*; con especialización en evaluación y gerencia de proyectos y maestría en ingeniería industrial. Tiene formación como evaluadora de competencias, auditora de sistemas integrados de gestión y gestión de activos; y estudios en *ciencia de datos*. Actualmente, adelanta un doctorado en *ingeniería informática*. Con más de 25 años de ejercicio profesional, aplicado en diferentes cargos e industrias, tales como: la de dispositivos electrónicos, plásticos, bebidas y petróleo y gas. Es formadora de formadores,

docente universitario, asesora y consultora independiente. Autora y coautora de varios documentos técnicos, desarrollados en el segmento refinación de la industria de petróleo y gas. Autora del libro Ingeniería de Confiabilidad: desde el piso de planta hasta la estrategia organizacional, lanzado en 2023.

Referencias

- *ISO 55001:2024 Asset management. Requirements.*
- McKinsey & Company. (2023). *The value of predictive maintenance in asset-intensive industries.*
- PwC. (2023). *Digital operations: How Industry 4.0 is transforming asset performance.*
- Deloitte. (2024). *Asset-intensive industries: Digital maturity and value realization.*
- World Economic Forum. (2023). *Global lighthouse network: Unlocking sustainability through 4IR.*
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean. (2022). *Digital transformation and industrial productivity in Latin America.*
- OECD. (2023). *Digital transformation in Latin America and the Caribbean.*
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Política de transformación digital e inteligencia artificial en Colombia.*
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2022). *Lineamientos para la adopción de tecnologías avanzadas en la industria colombiana.*
- <https://www.bbva.com/es/innovacion/cinco-tecnologias-disruptivas-que-definen-las-proximas-fronteras-de-la-innovacion/> - 2024

Notas

La Figuras 2 y Figura 3, así como la Tabla 1 y Tabla 2, presentadas en este documento se

desarrollaron a partir de la integración y análisis comparativo de varias fuentes de información.

Nombre: Aileen Diane Pusey Mitchell

Teléfono:

a. Celular: 3112786879

Dirección:

a. Residencia: Cra. 27 No. 55A-49 Barrio Galán Gómez.

b. E-mail: adiane0720@gmail.com

c. Ciudad: Barrancabermeja

d. País: Colombia