

**Modelo inteligente de economía circular para el turismo de naturaleza: desarrollo de un modelo de arquitectura de software para la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales a través de tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios**

Julio Andrés Silva Aragón

Asesor

Dra. Yolanda Gonzalez Castro

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Maestría en Gestión de la Tecnología y la información

## Resumen

Esta investigación se centra en el desarrollo de un modelo de arquitectura de software destinado a mejorar la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales, específicamente en el sector del turismo de naturaleza en Colombia.

El proyecto investiga cómo la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, Big Data, e inteligencia de negocios puede optimizar la reutilización de desechos y productos. Se abordan varios aspectos clave, incluyendo la identificación de prácticas óptimas y oportunidades de innovación, la integración de tecnologías mencionadas para mejorar el procesamiento y la reutilización de materiales, y el modelado de funcionalidades clave del software para facilitar un cierre eficiente del ciclo de materiales.

Además, se examinan enfoques y patrones comunes en la arquitectura de software, conceptos de ecoeficiencia, estrategias para el cierre del ciclo de materiales, y aplicaciones de IA en este contexto. Los resultados esperados del proyecto incluyen un aumento en la reutilización de materiales, una reducción de la generación de desechos y una disminución en los costos de producción y operación en el turismo de naturaleza en Colombia.

**Palabras Claves:** Ecoeficiencia, Arquitectura de software, Inteligencia Artificial, Big Data, Inteligencia de negocios.

## **Abstract**

This work presents a software architecture model aimed at increasing eco-efficiency in nature tourism in Colombia, through the efficient closing of the material cycle. The research explores the integration of artificial intelligence, Big Data, and business intelligence to optimize waste reuse. Optimal practices and innovation opportunities are identified, analyzing technologies for the processing and reuse of materials. The study also considers patterns of software architecture, eco-efficiency, and strategies for closing the material cycle, with a special focus on AI applications. The expected results include increased material reuse, waste reduction, and cost reduction in the tourism sector.

**Keywords:** Eco-efficiency, Software Architecture, Artificial Intelligence, Big Data, Business Intelligence.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	13
Planteamiento del Problema, Pregunta e Hipótesis .....	16
Pregunta de Investigación .....	16
Hipótesis de Investigación .....	16
Significancia.....	16
Objetivos .....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco Conceptual .....	19
Arquitectura de Software Enfoques y Patrones Comunes, como Arquitectura en Capas, Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) y Arquitectura Basada en Microservicios.....	19
Ecoeficiencia Conceptos y Enfoques para mejorar la Eficiencia en el uso de Recursos y Reducir el Impacto Ambiental .....	22
Cierre del Ciclo de Materiales Procesos y Estrategias para la Reutilización, Reciclaje y Recuperación de Desechos y Productos .....	25
Tecnologías de Inteligencia Artificial Algoritmos, Técnicas y Aplicaciones en el Contexto del Cierre del Ciclo de Materiales y Ecoeficiencia.....	28
Optimización de Recursos .....	29
Identificación y Clasificación de Materiales.....	30
Diseño de Productos Sostenibles .....	30
Gestión de Residuos y Reciclaje.....	30
Big Data Herramientas y Enfoques para el Manejo, Procesamiento y Análisis de Grandes Volúmenes de Datos .....	30

Inteligencia de Negocios Conceptos y Técnicas para Analizar y Extraer Información Valiosa de los Datos Recolectados, con el Objetivo de Mejorar la Toma de Decisiones y la Eficiencia en el Cierre del Ciclo de Materiales.....	34
Integración de Datos Patrones y Técnicas para Consolidar y Procesar Datos de Diversas Fuentes, Garantizando la Calidad y la Integridad de los Datos .....	37
Flujo de Trabajo y Gestión de Procesos Modelado y Gestión de los Distintos Procesos y Estados Involucrados en el Cierre del Ciclo de Materiales .....	39
Acceso a Datos Patrones y Técnicas para Garantizar un Acceso Eficiente y Seguro a los Datos .....	42
Rendimiento y escalabilidad Estrategias y Patrones para Mejorar el Rendimiento y la Escalabilidad de un Sistema de Software en el Contexto del Cierre del Ciclo de Materiales y Ecoeficiencia.....	43
Metodología .....	46
Objetivo.....	46
Enfoque Cualitativo .....	46
Técnicas de Recolección de Datos.....	46
Análisis de Datos .....	46
Etapas de la Investigación.....	47
Recolección de Información .....	47
Organización de Datos .....	48
Análisis de Información Obtenida .....	48
Desarrollo de la Teoría.....	49
Arquitectura de Software Propuesta .....	50
Capa de Configuración de Parámetros (User Function Interface) .....	50

Capa Empresarial del Modelo .....	51
Subcomponentes .....	51
Capa de Modelo .....	51
Subcomponentes .....	51
Capa de Acceso a Datos .....	52
Capa de Datos .....	52
Generalidades del Proyecto.....	53
Problema a Resolver .....	53
Pregunta de Investigación .....	53
Solución Propuesta:.....	53
Descripción General del Sistema a Desarrollar: .....	54
Componentes Principales .....	54
Funcionalidades Clave .....	55
Beneficios Esperados .....	55
Objetivos del Documento de Arquitectura.....	55
Stakeholders .....	57
Motivadores y fuerzas externas.....	60
Restricciones .....	65
Contexto .....	74
Escenarios Operacionales .....	74
Optimización de Recursos en Turismo de Naturaleza .....	74
Identificación y Clasificación de Materiales.....	74
Gestión de Residuos y Reciclaje .....	74

Integración de Datos para Análisis de Impacto Ambiental.....	74
Promoción de Prácticas Ecoeficientes .....	75
Blueprint.....	82
Zonas y sus Responsabilidades .....	82
Zona de Datos con Azure Databricks Almacenamiento de datos en Azure .....	82
Zona de Procesos de IA .....	84
Zona de Canales .....	86
Zona de Seguridad .....	87
Casos de Uso.....	88
Requerimientos de Calidad .....	96
Arquitectura de análisis moderno con Azure Databricks.....	107
Data Lake Reference Architecture .....	110
Fuentes de Datos .....	110
Zona de Carga Transitoria.....	111
Procesamiento y Transformación.....	111
Data Lake (ADLS Gen2) .....	111
Datos de Referencia y Maestros.....	111
Zona de Consumo del Data Lake:.....	112
Vista Lógica .....	113
EcoEfficiencySystem .....	113
Atributos.....	113
Métodos.....	114
WasteManagement .....	114

Atributo .....	114
Métodos.....	114
MaterialReuse .....	114
Atributo .....	114
Métodos.....	114
AITechnology, Big DataTechnology, BusinessIntelligenceTechnology .....	114
Atributos.....	114
Métodos:.....	115
AzureDatabricks.....	115
Atributos.....	115
Métodos.....	115
Workspace, Cluster, Job, Notebook, DataLake .....	115
Configuration .....	115
Atributo .....	116
Métodos.....	116
Vista de Despliegue .....	120
Componente Central - EcoEfficiency System .....	120
AI & Big data Package.....	121
Azure Databricks Cloud Service.....	121
Data Orchestration & Storage .....	122
Integration & Processing.....	123
Interconexión y Flujo de Datos.....	123
Paquete Raíz del Sistema EcoEficiencia (“EcoEfficiency Material Cycle Closure System”) .....	125



Paquete de Tecnologías de AI & Big data .....	127
Integración de Azure Databricks con Servicios Externos.....	127
Vista de Procesos .....	128
Inicio del Proceso.....	128
Gestión de Residuos.....	129
Identificación de Materiales Reutilizables.....	129
Procesamiento y Análisis de Datos.....	129
Integración con Azure Databricks.....	130
Finalización del Proceso .....	130
Vista Física.....	131
Recomendaciones.....	133
Trabajo futuro .....	135
Conclusiones .....	137
Bibliografía .....	139

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Etapas de la Investigación</i> .....	47
<b>Figura 2</b> <i>La imagen Proporcionada Ofrece una Representación Detallada de la Arquitectura de Capas del Sistema.</i> .....	50
<b>Figura 3</b> <i>Blueprint</i> .....	82
<b>Figura 4</b> <i>Representación detallada de la los casos de uso.</i> .....	88
<b>Figura 5</b> <i>La Imagen Proporcionada Ofrece una Representación del Árbol de Utilidad</i> .....	96
<b>Figura 6</b> <i>Arquitectura de Datos Moderna Azure Databricks Constituye el Núcleo de la Solución.</i> .....	107
<b>Figura 7</b> <i>Data Lake Azure Databrick</i> .....	110
<b>Figura 8</b> <i>Diagrama de Clases.</i> .....	113
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama de Comunicación</i> .....	116
<b>Figura 10</b> <i>Diagrama de Secuencia.</i> .....	118
<b>Figura 11</b> <i>Diagrama de Componentes.</i> .....	120
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de Paquetes.</i> .....	125
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama de Actividad</i> .....	128
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama de Despliegue.</i> .....	131

## Lista de Tabla

<b>Tabla 1</b> <i>Stakeholders del Proyecto "Modelo Inteligente de Economía Circular para el Turismo de Naturaleza".</i> .....	57
<b>Tabla 2</b> <i>Stakeholders y Expectativas del Proyecto "Modelo Inteligente de Economía Circular para el Turismo de Naturaleza".</i> .....	59
<b>Tabla 3</b> <i>Motivadores y Fuerzas Externas (Cambio Climático).</i> .....	61
<b>Tabla 4</b> <i>Motivadores y Fuerzas Externas (Demanda del Mercado).</i> .....	62
<b>Tabla 5</b> <i>Motivadores y Fuerzas Externas (Tecnología).</i> .....	63
<b>Tabla 6</b> <i>Motivadores y Fuerzas Externas (Regulaciones Gubernamentales).</i> .....	64
<b>Tabla 7</b> <i>Motivadores y Fuerzas Externas (Competencia).</i> .....	65
<b>Tabla 8</b> <i>Restricción de Integración de Datos.</i> .....	67
<b>Tabla 9</b> <i>Restricción de Escalabilidad.</i> .....	68
<b>Tabla 10</b> <i>Restricción de Escalabilidad.</i> .....	69
<b>Tabla 11</b> <i>Restricción de Inteligencia Artificial.</i> .....	70
<b>Tabla 12</b> <i>Restricción de Seguridad de Datos.</i> .....	71
<b>Tabla 13</b> <i>Restricción de Análisis en Tiempo Real.</i> .....	72
<b>Tabla 14</b> <i>Restricción de Sostenibilidad y Ecoeficiencia.</i> .....	73
<b>Tabla 15</b> <i>Escenario Operacional: Optimización de Recursos en Turismo de Naturaleza.</i> .....	76
<b>Tabla 16</b> <i>Escenario Operacional: Identificación y Clasificación de Materiales.</i> .....	77
<b>Tabla 17</b> <i>Escenario Operacional: Análisis Predictivo para la Toma de Decisiones.</i> .....	78
<b>Tabla 18</b> <i>Escenario Operacional: Gestión de Residuos y Reciclaje.</i> .....	79
<b>Tabla 19</b> <i>Escenario Operacional: Integración de Datos para Análisis de Impacto Ambiental.</i> ..	80
<b>Tabla 20</b> <i>Escenario Operacional: Promoción de Prácticas Ecoeficientes.</i> .....	81
<b>Tabla 21</b> <i>Detalle del Caso de Uso: Acceder al Modelo de Datos Central.</i> .....	89
<b>Tabla 22</b> <i>Detalle del Caso de Uso: Analizar Datos con Azure Databricks.</i> .....	90
<b>Tabla 23</b> <i>Detalle del Caso de Uso: Gestionar Datos.</i> .....	92
<b>Tabla 24</b> <i>Detalle del Caso de Uso: Implementar Medidas de Seguridad.</i> .....	93

<b>Tabla 25</b> <i>Detalle del Caso de Uso: Predecir Impacto Ambiental.</i> .....	94
<b>Tabla 26</b> <i>Detalle del Caso de Uso: Recopilar Datos de Sensores y Sistemas.</i> .....	95
<b>Tabla 27</b> <i>Requerimientos de Calidad: Disponibilidad.</i> .....	97
<b>Tabla 28</b> <i>Requerimientos de Calidad: Eficiencia.</i> .....	99
<b>Tabla 29</b> <i>Requerimientos de Calidad: Seguridad.</i> .....	101
<b>Tabla 30</b> <i>Requerimientos de Calidad: Fiabilidad.</i> .....	103
<b>Tabla 31</b> <i>Requerimientos de Calidad: Mantenibilidad.</i> .....	105

## Introducción

El turismo de naturaleza en Colombia es una actividad económica relevante que enfrenta desafíos importantes en términos de sostenibilidad y ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales. La implementación de procesos de economía circular es esencial para garantizar la sostenibilidad del sector y reducir el impacto ambiental. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación de la ECACEN denominado "Modelo inteligente de economía circular para el turismo de naturaleza en Colombia como estrategia para reducir la pobreza", el cual tiene como objetivo determinar los elementos requeridos en el modelo teórico para el cumplimiento de procesos de economía circular y reducción de la pobreza en el turismo de naturaleza a partir de los datos obtenidos.

El objetivo principal de la investigación es desarrollar un modelo de arquitectura de software para la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales en el turismo de naturaleza en Colombia, a través de tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios. Este modelo permitirá sugerir procesos de economía circular para reducir la pobreza en el sector turístico, optimizando la gestión de materiales y productos reutilizables. Para lograr este objetivo, seguirá una metodología de investigación cualitativa de tipo teoría fundamentada.

El problema que enfrenta el turismo de naturaleza en Colombia radica en la falta de ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales, lo cual genera un impacto negativo en el medio ambiente y en la sostenibilidad del sector (González y García, 2017). Para abordar esta problemática, es necesario desarrollar un modelo de arquitectura de software que permita identificar y controlar el flujo real de materiales en la cadena productiva del turismo de naturaleza en Colombia, utilizando tecnologías como inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios específicas para el sector.

La justificación de la propuesta se basa en la necesidad de abordar la falta de ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales en la industria del turismo de naturaleza en Colombia, ya que la implementación de procesos de economía circular es crucial para garantizar su sostenibilidad. Además, se busca desarrollar un modelo de arquitectura de software que integre tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios con reportes adaptados para el sector, optimizando la reutilización de materiales y productos.

La metodología propuesta se basa en un enfoque de investigación cualitativa de tipo teoría fundamentada, la cual permitirá desarrollar un modelo de arquitectura de software para la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales en el turismo de naturaleza en Colombia. Este enfoque incluye la revisión de literatura, identificación de materiales y productos reutilizables, desarrollo de la plataforma del modelo de software con la integración de tecnologías, y recomendaciones para la implementación del modelo de arquitectura de software considerando sus particularidades.

La propuesta de investigación busca aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información para mejorar la gestión de materiales y productos reutilizables en la industria del turismo de naturaleza en Colombia, generando ahorros económicos y reduciendo el impacto ambiental. La implementación de este modelo de arquitectura de software la cual busca contribuir a la sostenibilidad y al cumplimiento de las normativas ambientales en el sector turístico, a la vez que busca promover la reducción de la pobreza y la mejora de la competitividad y rentabilidad de las empresas involucradas.

La arquitectura de software propuesta se fundamenta en un modelo de capas, que permite una separación clara de las funcionalidades y una fácil escalabilidad del sistema. Además, esta arquitectura facilita la integración de las tecnologías de inteligencia artificial, Big data e

inteligencia de negocios, permitiendo un análisis y procesamiento de datos eficiente y adaptado a las particularidades del turismo de naturaleza en Colombia.

Con el desarrollo e implementación de este modelo de arquitectura de software, se espera que las empresas del sector turístico puedan identificar los materiales y productos que pueden ser reutilizados en nuevas aplicaciones y su potencial reutilización en el sector, lo cual disminuirá los costos de producción y operación del turismo de naturaleza en Colombia, aumentando su competitividad y rentabilidad.

Además, el enfoque de economía circular propuesto en este estudio permitirá reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad del turismo de naturaleza en Colombia, contribuyendo al cumplimiento de las metas establecidas en la agenda global para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente.

### **Planteamiento del Problema, Pregunta e Hipótesis**

El turismo de naturaleza en Colombia es una actividad económica relevante que enfrenta desafíos en términos de sostenibilidad y ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales. La falta de ecoeficiencia en este cierre genera un impacto negativo en el medio ambiente y en la sostenibilidad del sector. Es esencial desarrollar un modelo que permita identificar y controlar el flujo real de materiales en la cadena productiva del turismo de naturaleza en Colombia, utilizando tecnologías avanzadas específicas para el sector.

#### **Pregunta de Investigación**

¿Cómo se puede desarrollar un modelo de arquitectura de software que integre tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios para optimizar la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales en el turismo de naturaleza en Colombia?

#### **Hipótesis de Investigación**

La integración de tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios en un modelo de arquitectura de software permitirá una gestión optimizada de materiales y productos reutilizables en el turismo de naturaleza en Colombia, contribuyendo a la sostenibilidad del sector y reduciendo su impacto ambiental.

#### **Significancia**

El modelo de arquitectura de software tiene el potencial de ser un pilar fundamental en la promoción de prácticas sostenibles dentro del sector turístico. Esta sostenibilidad no solo se refiere a la conservación del medio ambiente, sino también al cumplimiento riguroso de las normativas y regulaciones ambientales que han sido establecidas para garantizar un equilibrio entre el desarrollo turístico y la preservación del entorno.



El turismo, tiene un impacto significativo en muchos aspectos de la sociedad. Uno de estos aspectos es la economía. La pobreza, que sigue siendo un desafío persistente en muchas regiones, puede ser abordada en parte a través de iniciativas en el sector turístico. El modelo propuesto no solo busca mejorar las operaciones dentro de las empresas turísticas, sino que también tiene como objetivo promover la reducción de la pobreza. Esto se logra al garantizar que las comunidades locales se beneficien directamente de las actividades que implica la economía circular, creando empleo y oportunidades de negocio.

Además, en el ámbito empresarial, la competitividad es esencial. Con un mercado globalizado, las empresas turísticas en Colombia enfrentan la competencia no solo a nivel local sino también internacional. El modelo de arquitectura de software propuesto busca ofrecer a estas empresas herramientas y soluciones que las hagan más eficientes, permitiéndoles ofrecer servicios de alta calidad a sus clientes. Esta eficiencia y calidad, a su vez, se traducen en una mayor rentabilidad para las empresas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un modelo de arquitectura de software para la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales en el turismo de naturaleza en Colombia, a través de tecnologías de inteligencia artificial, Big Data e inteligencia de negocios, que permita implementar procesos de economía circular

### **Objetivos Específicos**

Identificar prácticas óptimas, brechas de conocimiento, y oportunidades de innovación que orientarán el desarrollo del modelo de arquitectura de software.

Integrar tecnologías de inteligencia artificial, Big Data e inteligencia de negocios en el modelo de arquitectura de software, para optimizar la reutilización de desechos y productos en nuevas aplicaciones.

Modelar las funcionalidades clave que el software deberá poseer para facilitar el cierre eficiente del ciclo de materiales en el turismo de naturaleza.

## **Marco Conceptual**

El alcance, de la propuesta de investigación representa una alternativa viable y necesaria para promover la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental en el sector turístico de Colombia, integrando tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios en un modelo de arquitectura de software que optimice la gestión de materiales y productos reutilizables, generando ahorros económicos y contribuyendo a la reducción de la pobreza en el país.

### **Arquitectura de Software Enfoques y Patrones Comunes, como Arquitectura en Capas, Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) y Arquitectura Basada en Microservicios**

La arquitectura de software aborda la estructura y organización de un sistema de software, incluyendo sus componentes, las relaciones entre ellos y sus propiedades. Durante los primeros años de la Ingeniería de Software, el desarrollo de software se llevaba a cabo de manera libre, pero con el tiempo, se han ido identificando y desarrollando nuevos modelos y estándares que ayudan a enfrentar los desafíos contemporáneos. Estos modelos y estándares, conocidos como arquitectura de software, proporcionan una guía teórica detallada, similar a los planos de un edificio o construcción, que indica cómo debe organizarse el sistema de software (Bass, Clements, y Kazman, 2012).

En el campo de la arquitectura de software, hay varios enfoques y patrones comunes, como la arquitectura en capas, la arquitectura orientada a servicios (SOA) y la arquitectura basada en microservicios (Medvidovic y Taylor, 2000). Estos enfoques y patrones proporcionan guías y mejores prácticas para diseñar y organizar sistemas de software de manera efectiva y eficiente.

En el contexto del desarrollo de un modelo de arquitectura de software para la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales, la reutilización de desechos y productos a través de tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios, se pueden aplicar varios patrones de diseño y arquitectura propuestos por (Fowler, 2002) y otros expertos en el campo. Algunos de estos patrones incluyen:

**Microservicios:** Descomposición de la arquitectura en pequeños servicios independientes que puedan evolucionar y escalar de forma individual (AWS, 2023)...

Esto facilita la implementación de diferentes tecnologías y enfoques (IA, Big Data, etc.) de manera modular y flexible. **Patrones de integración de datos:** La calidad y la integridad de los datos son fundamentales en este contexto. Patrones como ETL (Extract, Transform, Load), Data Lake y Data Warehouse pueden ser utilizados para consolidar y procesar datos de diversas fuentes, facilitando su análisis y reutilización (Kimball y Ross, 2013).

**Patrones de flujo de trabajo:** Estos patrones, como Chain of Responsibility, State y Strategy, permiten modelar y gestionar los distintos procesos y estados involucrados en el cierre del ciclo de materiales, como la recolección, el procesamiento y la reutilización de desechos (Gamma, Helm, Johnson, y Vlissides, 1994).

**Patrones de inteligencia artificial:** Los patrones de diseño relacionados con la inteligencia artificial, como el patrón Facade para simplificar el acceso a algoritmos complejos, y el patrón Adapter para permitir la integración de diferentes algoritmos y bibliotecas de IA, son útiles en este contexto (Russell y Norvig, 2020).

**Patrones de acceso a datos:** En este dominio, es esencial garantizar un acceso eficiente y seguro a los datos. Patrones como Repository, Data Mapper y Unit of Work pueden ser utilizados para encapsular y gestionar las operaciones de acceso a los datos (Fowler, 2002).

Patrones de inteligencia de negocios: Patrones como OLAP (Online Analytical Processing) y Data Mining pueden ser empleados para analizar y extraer información valiosa de los datos recolectados, lo que permite tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia en el cierre del ciclo de materiales (Han, Kamber, y Pei, 2011).

Patrones de rendimiento y escalabilidad: La arquitectura debe ser capaz de manejar grandes volúmenes de datos y procesamiento intensivo. Patrones como Caching, Load Balancing y Horizontal Scaling pueden ser implementados para mejorar el rendimiento y la escalabilidad del sistema (Bondi, 2000).

Estos patrones y técnicas pueden ser adaptados y combinados según las necesidades específicas del proyecto, para desarrollar un modelo de arquitectura de software robusto y eficiente que soporte la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales (González y García, 2017).

La arquitectura de software es crucial para lograr sistemas escalables, modulares y mantenibles, y es el pilar central del desarrollo de sistemas de software. Algunos de los beneficios de una buena arquitectura de software incluyen la reducción de costos a largo plazo, una mejor comprensión del sistema, una mayor facilidad para realizar cambios en el sistema y un mejor rendimiento (Bass y cols., 2012; Medvidovic y Taylor, 2000).

Estudiando las obras y las ideas de estos autores, se podrá adquirir una comprensión sólida de la arquitectura de software y cómo se aplica en el desarrollo de proyectos de software. Es importante recordar que, al elegir una arquitectura de software, es fundamental considerar factores como el coste, el tiempo de desarrollo, el número de usuarios y el nivel de aislamiento requerido. Además, es útil familiarizarse con diferentes patrones de arquitectura y probarlos para comprender mejor su funcionamiento y cómo se adaptan a tus necesidades específicas.

Estudiando las obras y las ideas de estos autores, se podrá adquirir una comprensión sólida de la arquitectura de software y cómo se aplica en el desarrollo de proyectos de software. Es importante recordar que, al elegir una arquitectura de software, es fundamental considerar factores como el coste, el tiempo de desarrollo, el número de usuarios y el nivel de aislamiento requerido. Además, es útil familiarizarse con diferentes patrones de arquitectura y probarlos para comprender mejor su funcionamiento y cómo se adaptan a tus necesidades específicas.

### **Ecoeficiencia Conceptos y Enfoques para mejorar la Eficiencia en el uso de Recursos y Reducir el Impacto Ambiental**

La ecoeficiencia es un enfoque que busca mejorar la eficiencia en el uso de recursos y reducir el impacto ambiental en la producción y consumo de bienes y servicios.

Este concepto fue introducido por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) en 1992 durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (WBCSD, 2000). Desde entonces, la ecoeficiencia ha sido ampliamente adoptada y promovida tanto por organizaciones gubernamentales como por empresas privadas en todo el mundo. Según el WBCSD (WBCSD, 2000), la ecoeficiencia implica la creación de bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas, al tiempo que reducen el consumo de recursos y minimizan los impactos ambientales negativos.

La ecoeficiencia se basa en la idea de que es posible lograr un crecimiento económico sostenible al tiempo que se protege el medio ambiente y se utilizan los recursos de manera más eficiente (WBCSD, 2000).

El concepto de ecoeficiencia se basa en siete principios fundamentales propuestos por el WBCSD (WBCSD, 2000):

Reducción del consumo de materiales en productos y servicios.

Reducción del consumo de energía en productos y servicios.

Reducción de la dispersión de sustancias tóxicas.

Mejora de la reciclabilidad de los materiales.

Maximización del uso de recursos renovables.

Extensión de la vida útil de los productos.

Aumento de la eficiencia en la prestación de servicios.

Para lograr la ecoeficiencia, las organizaciones pueden adoptar diferentes enfoques y estrategias. Uno de estos enfoques es la implementación de sistemas de gestión ambiental, como la norma ISO 14001, que proporciona un marco para la identificación, evaluación y mejora continua del desempeño ambiental de una organización (ISO, 2015). Otro enfoque es la aplicación de tecnologías limpias y procesos de producción más sostenibles. Las tecnologías limpias son aquellas que reducen o eliminan la generación de contaminantes y el consumo de recursos en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios (Esty y Winston, 2009).

Estas tecnologías pueden incluir la optimización de procesos, la implementación de energías renovables y la utilización de materiales reciclados o biodegradables. Además, la ecoeficiencia también se puede lograr mediante el diseño de productos y servicios más sostenibles y duraderos. El ecodiseño es un enfoque que integra consideraciones ambientales en el diseño y desarrollo de productos, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida (Brezet y van Hemel, 1997).

En decir que la ecoeficiencia es un concepto que busca mejorar la eficiencia en el uso de recursos y reducir el impacto ambiental en la producción y consumo de bienes y servicios. La adopción de sistemas de gestión ambiental, tecnologías limpias y enfoques de ecodiseño son

algunas de las estrategias que las organizaciones pueden implementar para alcanzar la ecoeficiencia y promover un crecimiento económico sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

La colaboración entre diferentes actores, como gobiernos, empresas, instituciones de investigación y organizaciones no gubernamentales, es esencial para promover la adopción y difusión de la ecoeficiencia en distintos sectores y contextos (Elkington, 1997).

Las políticas públicas y los incentivos económicos pueden desempeñar un papel importante en la promoción de la ecoeficiencia y la adopción de prácticas sostenibles por parte de las organizaciones (Porter y van der Linde, 1995). La evaluación del desempeño ecoeficiente de una organización también es fundamental para medir el progreso y garantizar la mejora continua en la gestión de los recursos y la minimización de los impactos ambientales. Existen varias herramientas y metodologías para evaluar la ecoeficiencia, como el análisis del ciclo de vida (ACV), que permite cuantificar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de todas las etapas de su vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final (Guinée y cols., 2002).

Además, la comunicación y la divulgación de información sobre el desempeño ecoeficiente de una organización pueden ser una herramienta poderosa para generar conciencia entre los consumidores y promover un consumo más responsable y sostenible (Schaltegger y Wagner, 2006).

Para concluir, la ecoeficiencia es un enfoque importante y necesario para enfrentar los desafíos ambientales y garantizar un desarrollo sostenible. Mediante la implementación de sistemas de gestión ambiental, la adopción de tecnologías limpias, el ecodiseño y la colaboración entre diferentes actores, las organizaciones pueden mejorar la eficiencia en el uso de recursos y



reducir su impacto ambiental, contribuyendo así a un crecimiento económico sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

### **Cierre del Ciclo de Materiales Procesos y Estrategias para la Reutilización, Reciclaje y Recuperación de Desechos y Productos**

El cierre del ciclo de materiales es un enfoque que se centra en la reutilización, el reciclaje y la recuperación de desechos y productos para minimizar la generación de residuos y promover el uso eficiente de los recursos (Ghisellini, Cialani, y Ulgiati, 2016). Este enfoque es fundamental para avanzar hacia una economía circular, en la cual se busca mantener los productos, componentes y materiales en su máximo valor y utilidad durante el mayor tiempo posible (Foundation, 2013).

La reutilización de productos y materiales es una estrategia clave en el cierre del ciclo de materiales. La reutilización implica el uso continuo de un producto o material sin necesidad de procesamiento adicional, permitiendo prolongar su vida útil y reducir la demanda de recursos vírgenes (Cooper, 2010).

El reciclaje implica el procesamiento de desechos y productos para convertirlos en nuevos materiales o productos. El reciclaje puede ser mecánico, involucrando procesos físicos como trituración o molienda; o químico, donde los materiales se descomponen en sus componentes químicos básicos (Graedel y Allenby, 2010).

La recuperación de desechos y productos también juega un papel importante, implicando la extracción de materiales o energía de los desechos a través de procesos como la incineración

con recuperación de energía, la digestión anaeróbica o la gasificación (Kalmykova, Sadagopan, y Rosado, 2018).

Para lograr el cierre del ciclo de materiales, la colaboración entre diferentes actores como gobiernos, empresas y consumidores es crucial. La implementación de políticas públicas y regulaciones que incentiven la reutilización, el reciclaje y la recuperación de desechos y productos es un factor clave en este proceso (Bocken y cols., 2016).

Además, las empresas pueden adoptar enfoques de ecodiseño que faciliten la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales en sus productos y procesos (Brezet y van Hemel, 1997). El ecodiseño considera aspectos ambientales desde las primeras etapas del diseño de productos, permitiendo minimizar su impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida.

Por último, los consumidores también tienen un papel fundamental en el cierre del ciclo de materiales. La adopción de comportamientos de consumo más sostenibles, como el uso responsable de productos y la participación en programas de reciclaje, puede contribuir significativamente a la reutilización, el reciclaje y la recuperación de desechos y productos (Mont, 2004).

Para avanzar hacia una economía circular y promover el uso eficiente de los recursos, la reutilización, el reciclaje y la recuperación de desechos y productos son estrategias fundamentales en este proceso, y requieren la colaboración entre diferentes actores, como gobiernos, empresas y consumidores. La implementación de políticas públicas y regulaciones, la adopción de enfoques de ecodiseño por parte de las empresas y la promoción de

comportamientos de consumo sostenibles son aspectos clave para lograr el cierre del ciclo de materiales y avanzar hacia una economía circular.

La investigación y la innovación tecnológica también desempeñan un papel importante en la búsqueda del cierre del ciclo de materiales. El desarrollo de nuevas tecnologías y procesos de reciclaje y recuperación más eficientes y sostenibles es esencial para mejorar la eficiencia en el uso de recursos y reducir el impacto ambiental de la producción y el consumo (Rizos y cols., 2017). La medición y evaluación del desempeño en el cierre del ciclo de materiales es otro aspecto relevante.

Herramientas y metodologías como el análisis del ciclo de vida (ACV) y la evaluación de la economía circular pueden ayudar a cuantificar los beneficios ambientales y económicos de las estrategias de reutilización, reciclaje y recuperación de desechos y productos (Guinée y cols., 2002; Linder, Sarasini, y van Loon, 2017). La comunicación y divulgación de información sobre el cierre del ciclo de materiales y sus beneficios también es fundamental para generar conciencia y fomentar la adopción de prácticas sostenibles por parte de diferentes actores (Schaltegger y Wagner, 2006). La educación y la formación en temas relacionados con la economía circular y el cierre del ciclo de materiales pueden contribuir a la formación de profesionales y ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos (Bocken y cols., 2018).

Es importante entender que, el cierre del ciclo de materiales es un enfoque esencial para avanzar hacia una economía circular y promover el uso eficiente de los recursos. La colaboración entre diferentes actores, la implementación de políticas públicas y regulaciones, la adopción de enfoques de ecodiseño, la promoción de comportamientos de consumo sostenibles, la investigación y la innovación tecnológica, y la medición y evaluación del desempeño son

aspectos clave para lograr el cierre del ciclo de materiales y reducir el impacto ambiental de la producción y el consumo.

### **Tecnologías de Inteligencia Artificial Algoritmos, Técnicas y Aplicaciones en el Contexto del Cierre del Ciclo de Materiales y Ecoeficiencia**

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando el modo en que gestionamos y utilizamos los recursos materiales, proponiendo soluciones innovadoras para optimizar el uso, la reutilización y el reciclaje de los mismos, con el objetivo de avanzar hacia una economía más circular y sostenible. Un estudio de Zhang et al. (Zhang, Wang, y Wang, 2022a) revisa cómo la IA se aplica en la fabricación sostenible, mientras que otro estudio de Liu et al. (Y. Liu, Liu, Wang, y Wang, 2023a) se centra en el análisis de Big data para la fabricación sostenible.

A través del uso de algoritmos avanzados y técnicas de aprendizaje automático, la IA permite la predicción precisa de la demanda de materiales y la asignación eficiente de recursos, minimizando el desperdicio y maximizando la utilización de materiales reciclados y sostenibles (Zhang y cols., 2022a). Además, mediante el uso de tecnologías como la visión por computadora y sensores inteligentes, es posible identificar y clasificar automáticamente materiales reciclables en plantas de reciclaje, facilitando así procesos más rápidos y eficientes (Y. Liu y cols., 2023a).

En el ámbito del diseño de productos sostenibles, la IA es capaz de proponer materiales alternativos y optimizar el diseño de productos para reducir el uso de recursos y energía, promoviendo la creación de productos más ecoeficientes y sostenibles (González-Rodríguez, Pérez-Rodríguez, y García-Rodríguez, 2022a). Los sistemas de IA también optimizan las rutas de recogida de residuos y la separación de residuos, reduciendo emisiones de CO<sub>2</sub> y costos operativos y mejorando la eficiencia del reciclaje (Y. Liu y cols., 2023a).

En cuanto al monitoreo ambiental, la capacidad de la IA para procesar

grandes volúmenes de datos permiten detectar en tiempo real tendencias, anomalías y oportunidades de mejora, enviando alertas en casos de contaminación y proponiendo medidas correctivas (Zhang y cols., 2022a). Este monitoreo constante y en tiempo real es crucial para mantener y mejorar la calidad del aire y del agua.

La economía circular se beneficia enormemente de la implementación de la IA, creando cadenas de suministro que minimizan el desperdicio mediante la reutilización y el reciclaje de materiales, y proponiendo modelos de negocio sostenibles basados en la reutilización y el compartir (González-Rodríguez y cols., 2022a). Simultáneamente, mediante simulaciones ambientales y optimización multivariable, la IA simula el impacto ambiental de diferentes procesos y productos y encuentra soluciones óptimas en sistemas complejos, facilitando el desarrollo de procesos industriales más ecoeficientes (Zhang y cols., 2022a).

Finalmente, la IA también juega un papel crucial en la educación y concienciación sobre la sostenibilidad y ecoeficiencia, personalizando el aprendizaje y proporcionando recursos educativos que resaltan la importancia de la protección del medio ambiente (Y. Liu y cols., 2023a). Este enfoque integrado, que combina diversas técnicas y aplicaciones de IA, es esencial para abordar los desafíos ecológicos contemporáneos y avanzar hacia un futuro en el que el equilibrio entre desarrollo tecnológico y sostenibilidad sea una realidad (González-Rodríguez y cols., 2022a).

A continuación, se describen algunas aplicaciones clave de la IA en este contexto:

### ***Optimización de Recursos***

**Predicción de demanda:** Los algoritmos de aprendizaje automático pueden prever la demanda de materiales, permitiendo una producción más ajustada y evitando el sobre aprovisionamiento (Zhang, Wang, y Wang, 2022b).

Asignación de recursos: Mediante técnicas de optimización, la IA puede asignar recursos de manera más eficiente, minimizando el desperdicio de materiales (Y. Liu, Liu, Wang, y Wang, 2023b).

### ***Identificación y Clasificación de Materiales***

Visión por computadora: Utilizando tecnologías como el reconocimiento de imágenes, la IA puede identificar y clasificar materiales reciclables de manera automática en las plantas de reciclaje (González-Rodríguez, Pérez-Rodríguez, y García-Rodríguez, 2022b).

Sensores inteligentes: Sensores equipados con IA pueden detectar y separar materiales basándose en sus propiedades únicas (Zhang y cols., 2022b).

### ***Diseño de Productos Sostenibles***

Materiales alternativos: Algoritmos de IA pueden identificar materiales alternativos y sostenibles para la producción, reduciendo la dependencia de recursos no renovables (Y. Liu y cols., 2023b).

Optimización de diseño: Herramientas de IA pueden proponer diseños de productos que minimizan el uso de materiales y energía (González-Rodríguez y cols., 2022b).

### ***Gestión de Residuos y Reciclaje***

Rutas de recogida: Sistemas de IA pueden optimizar las rutas de recogida de residuos, reduciendo emisiones de CO2 y costos operativos (Zhang y cols., 2022b).

## **Big Data Herramientas y Enfoques para el Manejo, Procesamiento y Análisis de Grandes Volúmenes de Datos**

El *Big data* se refiere al volumen masivo de datos estructurados y no estructurados que se generan en el mundo digital actual, y que requieren enfoques y herramientas específicas para su manejo, procesamiento y análisis (M. Chen y cols., 2014). Estas herramientas y enfoques, como

Hadoop, Spark, NoSQL y técnicas de aprendizaje automático, han revolucionado la forma en que se procesan y analizan los datos, permitiendo a las organizaciones tomar decisiones más informadas y precisas (Sagiroglu y Sinanc, 2013).

La ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales se refiere a la optimización de la gestión de recursos, la reutilización y el reciclaje de desechos y productos en el contexto de la sostenibilidad ambiental (Bibri, 2018). El uso de tecnologías de inteligencia artificial, *Big data* e inteligencia de negocios puede mejorar significativamente el rendimiento en estas áreas, proporcionando soluciones más eficientes y sostenibles (Olah, 2020).

La aplicación de *Big data* en el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia se puede dividir en tres componentes principales: la recopilación y el almacenamiento de datos, el procesamiento y análisis de datos, y la aplicación de información en la toma de decisiones (Hashem y cols., 2015).

Recopilación y almacenamiento de datos: El primer paso para aplicar *Big data* en la ecoeficiencia es recolectar y almacenar grandes volúmenes de datos de diferentes fuentes, como sensores, sistemas de información geográfica y bases de datos empresariales. Las herramientas y enfoques de *Big Data*, como NoSQL y sistemas de almacenamiento distribuido, permiten a las organizaciones almacenar y gestionar eficientemente estos datos en tiempo real (Zikopoulos y Eaton, 2011).

Procesamiento y análisis de datos: La cantidad masiva de datos recolectados necesita ser procesada y analizada para extraer información valiosa. Las técnicas de aprendizaje automático y minería de datos, como la regresión, la clasificación y el clustering, pueden ser aplicadas para identificar patrones y relaciones en los datos que pueden mejorar el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia (Fayyad y cols., 1996). Las herramientas de *Big data* como Hadoop y Spark

permiten el procesamiento y análisis de datos a gran escala y en tiempo real (Dean y Ghemawat, 2008).

Aplicación de información en la toma de decisiones: La información extraída del análisis de datos puede ser utilizada en la toma de decisiones en áreas como la gestión de residuos, la reutilización y el reciclaje de materiales, y la optimización de la cadena de suministro y logística. La inteligencia de negocios y las herramientas de visualización de datos, como Tableau y Power BI, permiten a los tomadores de decisiones comprender fácilmente los patrones y tendencias en los datos y tomar decisiones basadas en datos para mejorar la ecoeficiencia (Sharma y Reddy, 2023).

En este punto se puede indicar que las tecnologías de Big Data, junto con la inteligencia artificial y la inteligencia de negocios, pueden ser aplicadas de manera efectiva en el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Estas tecnologías permiten a las organizaciones abordar desafíos en la gestión de residuos, la reutilización y el reciclaje de materiales, y la optimización de la cadena de suministro y logística (Bibri, 2018; Olah, 2020; Z. Liu y cols., 2017).

Además, la aplicación de Big data en el contexto de la ecoeficiencia puede ayudar a identificar oportunidades de simbiosis industrial, donde los residuos de una empresa se convierten en recursos para otra (Olah, 2020; Z. Liu y cols., 2017, 2018). Al analizar grandes volúmenes de datos y detectar patrones, las organizaciones pueden descubrir posibles colaboraciones y reutilización de materiales, lo que contribuye al cierre del ciclo de materiales y la sostenibilidad ambiental.

La implementación exitosa de Big Data, inteligencia artificial e inteligencia de negocios en el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia requiere la colaboración entre investigadores, ingenieros, empresas y formuladores de políticas. Es fundamental abordar las



barreras técnicas, económicas y regulatorias, así como garantizar la calidad y la disponibilidad de los datos necesarios para el procesamiento y análisis de Big data (Kørnø, 2018).

La educación y la capacitación en herramientas y enfoques de Big data relacionados con la sostenibilidad y el cierre del ciclo de materiales son esenciales para desarrollar la próxima generación de profesionales capaces de aplicar estas tecnologías de manera efectiva en diferentes sectores (Olah, 2020). También es crucial fomentar la divulgación y comunicación de los avances y resultados de la investigación en Big data aplicado al cierre del ciclo de materiales, para inspirar y guiar a otros investigadores y profesionales en el desarrollo y adopción de soluciones innovadoras y sostenibles (Bibri, 2018).

Como indicaciones, las tecnologías de Big Data, en combinación con la inteligencia artificial y la inteligencia de negocios, ofrecen un gran potencial para mejorar el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia en diversas industrias.

A través de herramientas y enfoques específicos, es posible abordar desafíos clave en la gestión de residuos, la reutilización y reciclaje de materiales, la optimización de la cadena de suministro y logística, y la identificación de oportunidades de simbiosis industrial.

Para lograr el máximo impacto, es fundamental fomentar la colaboración entre diferentes actores, abordar las barreras existentes y promover la educación y la capacitación en herramientas y enfoques de Big data relacionados con la sostenibilidad y el cierre del ciclo de materiales.

## **Inteligencia de Negocios Conceptos y Técnicas para Analizar y Extraer Información Valiosa de los Datos Recolectados, con el Objetivo de Mejorar la Toma de Decisiones y la Eficiencia en el Cierre del Ciclo de Materiales**

La inteligencia de negocios (BI, por sus siglas en inglés) se refiere al conjunto de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten recolectar, almacenar, analizar y transformar datos en información valiosa para mejorar la toma de decisiones y la eficiencia en las organizaciones (Davenport y Harris, 2007). En el contexto del cierre del ciclo de materiales, la inteligencia de negocios puede ser utilizada para identificar patrones, tendencias y oportunidades que faciliten la gestión y optimización de recursos, la reutilización y el reciclaje de materiales, y la reducción del impacto ambiental (Davenport y Harris, 2017; Few, 2009).

Uno de los principales componentes de la inteligencia de negocios es el proceso de extracción, transformación y carga (ETL) de datos, que permite recopilar y consolidar datos de diversas fuentes, transformarlos en un formato adecuado para su análisis y cargarlos en un repositorio centralizado (Davenport y Harris, 2007). Este proceso es crucial para garantizar la calidad y consistencia de los datos y, en consecuencia, la confiabilidad de los análisis y la toma de decisiones basadas en ellos. Otro componente esencial en la inteligencia de negocios es el análisis de datos, que se basa en técnicas estadísticas, de modelado y de minería de datos para identificar patrones, tendencias y relaciones en los datos (Davenport y Harris, 2007).

Estos análisis pueden proporcionar información valiosa sobre la eficiencia de los procesos de producción, el uso de recursos y la generación de residuos, lo que permite a las organizaciones identificar oportunidades de mejora y reducir su impacto ambiental.

Las herramientas de visualización de datos también son fundamentales en la inteligencia de negocios, ya que facilitan la comunicación y comprensión de los resultados del análisis (Davenport y Harris, 2017; Few, 2009).

A través de gráficos, mapas y tableros de control, los tomadores de decisiones pueden obtener una visión clara y rápida del rendimiento de sus operaciones y del progreso hacia sus objetivos de cierre del ciclo de materiales y ecoeficiencia. La integración de la inteligencia de negocios con tecnologías de inteligencia artificial y Big data puede potenciar aún más el análisis y la toma de decisiones en el cierre del ciclo de materiales (Olah, 2020).

Por ejemplo, algoritmos de aprendizaje automático pueden ser utilizados para predecir y optimizar la demanda de recursos y la generación de residuos, mientras que técnicas de procesamiento del lenguaje natural pueden facilitar el análisis de información no estructurada, como informes y documentos técnicos. La implementación exitosa de la inteligencia de negocios en el cierre del ciclo de materiales requiere una colaboración estrecha entre investigadores, ingenieros, profesionales de la industria y tomadores de decisiones (Davenport y Harris, 2007).

Además, es esencial garantizar la calidad y disponibilidad de los datos, así como la capacitación y educación de los profesionales en técnicas y herramientas de inteligencia de negocios relacionadas con la sostenibilidad y el cierre del ciclo de materiales (H. Chen, Chiang, y Storey, 2012).

La inteligencia de negocios ofrece un enfoque integral y poderoso para analizar y extraer información valiosa de los datos recolectados, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones y la eficiencia en el cierre del ciclo de materiales (González y García, 2017).

Mediante la combinación de procesos de ETL, análisis de datos, visualización y herramientas de inteligencia artificial y Big Data, las organizaciones pueden obtener una comprensión profunda de sus operaciones y del impacto ambiental de sus productos y procesos (González-Rodríguez, Pérez-Rodríguez, y García-Rodríguez, 2022c). La aplicación de la inteligencia de negocios en el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia puede conducir a una mayor transparencia y responsabilidad en la gestión de recursos, así como a la identificación de oportunidades de mejora y reducción del impacto ambiental (Y. Liu y cols., 2023b).

Al integrar la inteligencia de negocios con otras tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Big Data, es posible abordar desafíos clave en la gestión de residuos, el diseño de productos y procesos sostenibles, la optimización de la cadena de suministro y la logística, y la identificación de oportunidades de simbiosis industrial (González-Rodríguez y cols., 2022c).

Para lograr el máximo impacto, es crucial fomentar la colaboración entre diferentes actores, abordar las barreras existentes y promover la educación y la formación en técnicas y aplicaciones de inteligencia de negocios relacionadas con la sostenibilidad y el cierre del ciclo de materiales (González y García, 2017).

También es importante garantizar la calidad y disponibilidad de los datos, ya que estos son la base de los análisis y las decisiones basadas en la inteligencia de negocios (Y. Liu y cols., 2023b).

Para interpretar, la inteligencia de negocios proporciona un marco sólido para analizar y extraer información valiosa de los datos recolectados, lo que puede mejorar significativamente la toma de decisiones y la eficiencia en el cierre del ciclo de materiales. Al integrar la inteligencia de negocios con tecnologías de inteligencia artificial y Big Data, es posible abordar los desafíos

clave en la gestión de residuos, el diseño de productos y procesos sostenibles, la optimización de la cadena de suministro y la logística, y la identificación de oportunidades de simbiosis industrial. Para maximizar el impacto de estas tecnologías, es fundamental promover la colaboración entre diferentes actores, abordar las barreras existentes y garantizar la calidad y disponibilidad de los datos.

### **Integración de Datos Patrones y Técnicas para Consolidar y Procesar Datos de Diversas Fuentes, Garantizando la Calidad y la Integridad de los Datos**

La integración de datos es un proceso crítico en el manejo de información en diferentes ámbitos, incluyendo el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Este proceso implica la consolidación, el procesamiento y la limpieza de datos de múltiples fuentes para garantizar su calidad e integridad (Halevy y cols., 2005). La integración de datos es esencial para proporcionar información precisa y oportuna que apoye la toma de decisiones y la implementación de estrategias sostenibles en diversos sectores (Halevy y cols., 2005).

Una de las técnicas principales para la integración de datos es el proceso de extracción, transformación y carga (ETL), que permite la recolección de datos de diferentes fuentes, su transformación a un formato unificado y su almacenamiento en un repositorio centralizado, como un data warehouse (Halevy y cols., 2005). El proceso ETL es esencial para garantizar la calidad y consistencia de los datos, lo que a su vez afecta la confiabilidad de los análisis y la toma de decisiones basadas en ellos. La integración de datos también implica el uso de patrones y técnicas para manejar inconsistencias, redundancias y errores en los datos (Elmagarmid, Ipeirotis, y Verykios, 2007).

Estas técnicas incluyen la limpieza de datos, que aborda problemas como datos faltantes, incoherentes o duplicados, y la reconciliación de datos, que consiste en identificar y resolver discrepancias entre registros similares en diferentes fuentes de datos (Rahm y Do, 2000).

El desafío de la integración de datos se vuelve más complejo a medida que aumenta la cantidad de fuentes de datos y la variedad de formatos de datos, como datos estructurados, semiestructurados y no estructurados (Kimball y Ross, 2013).

En este contexto, técnicas de integración de datos basadas en ontologías pueden ser útiles para proporcionar un marco semántico común que facilite la interoperabilidad entre diferentes fuentes y formatos de datos (Wache y cols., 2001).

La integración de datos es especialmente relevante en el ámbito del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia, donde se requiere información precisa y actualizada sobre el uso de recursos, la generación de residuos y la eficiencia de los procesos de producción (H. Chen y cols., 2012).

Al integrar datos de diversas fuentes, como sensores, sistemas de gestión de producción y registros ambientales, las organizaciones pueden obtener una visión más completa y precisa de sus operaciones y del impacto ambiental de sus productos y procesos. En decir que, la integración de datos es un componente crucial en el manejo y procesamiento de información en el contexto del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Mediante el uso de patrones y técnicas como el proceso ETL, la limpieza de datos y la reconciliación de datos, las organizaciones pueden garantizar la calidad e integridad de los datos, lo que a su vez mejora la toma de decisiones y la implementación de estrategias sostenibles (Kimball y Ross, 2013; Halevy y cols., 2005).

## **Flujo de Trabajo y Gestión de Procesos Modelado y Gestión de los Distintos Procesos y Estados Involucrados en el Cierre del Ciclo de Materiales**

El flujo de trabajo y la gestión de procesos son aspectos clave en la implementación exitosa del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Estos conceptos se refieren al modelado, diseño y seguimiento de los distintos procesos y estados involucrados en la producción, consumo, reutilización y reciclaje de materiales (van der Aalst, ter Hofstede, Kiepuszewski, y Barros, 2003). La optimización de estos procesos es esencial para mejorar la eficiencia en el uso de recursos, minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad (H. Chen y cols., 2012).

El modelado de procesos es una técnica ampliamente utilizada para representar y analizar los flujos de trabajo y las actividades involucradas en el cierre del ciclo de materiales. Una de las notaciones más populares para el modelado de procesos es el Lenguaje de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN, por sus siglas en inglés), que proporciona un conjunto estandarizado de símbolos y reglas para representar los elementos y relaciones en un proceso (OMG, 2011). Esta notación permite a los profesionales comprender, comunicar y mejorar los procesos relacionados con el cierre del ciclo de materiales (Dumas, La Rosa, Mendling, y Reijers, 2018).

La gestión de procesos se centra en la planificación, coordinación y supervisión de las actividades involucradas en el cierre del ciclo de materiales. Esto incluye la asignación de recursos, la programación de tareas, el seguimiento del progreso y la identificación de áreas de mejora (van der Aalst y cols., 2003). La gestión de procesos es esencial para garantizar la eficiencia y la efectividad de las operaciones y para promover la adopción de prácticas sostenibles en toda la cadena de suministro (H. Chen y cols., 2012).

La gestión de procesos también puede beneficiarse de la aplicación de tecnologías de inteligencia artificial y Big Data. Por ejemplo, algoritmos de aprendizaje automático pueden ser utilizados para predecir y optimizar la demanda de recursos y la generación de residuos, mientras que técnicas de procesamiento del lenguaje natural pueden facilitar el análisis de información no estructurada, como informes y documentos técnicos (Olah, 2020).

En el contexto del cierre del ciclo de materiales, la gestión de procesos debe abordar las interacciones y dependencias entre los diversos actores involucrados, como proveedores, fabricantes, consumidores y recicladores. La colaboración y la comunicación entre estos actores son fundamentales para garantizar la implementación efectiva de estrategias de cierre del ciclo de materiales y la promoción de la sostenibilidad (H. Chen y cols., 2012).

El flujo de trabajo y la gestión de procesos son aspectos cruciales en el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Mediante el modelado y la gestión efectiva de los procesos y estados involucrados en la producción, consumo, reutilización y reciclaje de materiales, las organizaciones pueden mejorar la eficiencia en el uso de recursos, minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad (van der Aalst y cols., 2003).

La aplicación de tecnologías de inteligencia artificial y Big data puede potenciar aún más la gestión de procesos en el cierre del ciclo de materiales, permitiendo la optimización de la demanda de recursos y la generación de residuos, así como el análisis de información no estructurada (Olah, 2020).

La implementación exitosa de estrategias de cierre del ciclo de materiales requiere una colaboración estrecha entre investigadores, ingenieros, profesionales de la industria y tomadores de decisiones (Davenport y Harris, 2007). Además, es esencial garantizar la calidad y disponibilidad de los datos, así como la capacitación y educación de los profesionales en técnicas



y herramientas de gestión de procesos relacionadas con la sostenibilidad y el cierre del ciclo de materiales (van der Aalst y cols., 2003).

El flujo de trabajo y la gestión de procesos también pueden ser respaldados por herramientas y sistemas de software que facilitan la planificación, coordinación y supervisión de las actividades involucradas en el cierre del ciclo de materiales. Estos sistemas pueden incluir funcionalidades para la asignación de recursos, la programación de tareas, el seguimiento del progreso y la identificación de áreas de mejora (van der Aalst y cols., 2003).

La gestión de procesos es esencial para garantizar la eficiencia y la efectividad de las operaciones y para promover la adopción de prácticas sostenibles en toda la cadena de suministro (H. Chen y cols., 2012). La aplicación de tecnologías de inteligencia artificial y Big data puede potenciar aún más la gestión de procesos en el cierre del ciclo de materiales, permitiendo la optimización de la demanda de recursos y la generación de residuos, así como el análisis de información no estructurada (Olah, 2020).

La importancia está en que, el flujo de trabajo y la gestión de procesos proporcionan un marco sólido para modelar y gestionar los distintos procesos y estados involucrados en el cierre del ciclo de materiales. Al aplicar técnicas como el modelado de procesos y la gestión de recursos, así como la integración de tecnologías de inteligencia artificial y Big Data, las organizaciones pueden mejorar significativamente la eficiencia y la efectividad de sus operaciones y promover la sostenibilidad en toda la cadena de suministro. Para maximizar el impacto de estas prácticas, es fundamental fomentar la colaboración entre diferentes actores, abordar las barreras existentes y garantizar la calidad y disponibilidad de los datos.

## **Acceso a Datos Patrones y Técnicas para Garantizar un Acceso Eficiente y Seguro a los Datos**

El acceso a datos es un aspecto crucial en el manejo y procesamiento de información en diversos ámbitos, incluyendo el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Garantizar un acceso eficiente y seguro a los datos es esencial para el análisis y la toma de decisiones basados en información precisa y confiable (Ferraiolo, Kuhn, y Chandramouli, 2003).

Patrones y técnicas relacionadas con el acceso a datos incluyen la autenticación de usuarios, la autorización de acceso a datos, el cifrado y la optimización del rendimiento (Elmasri y Navathe, 2016a). La autenticación de usuarios es un proceso mediante el cual se verifica la identidad de un individuo antes de concederle acceso a los datos (Stallings y Brown, 2012). Esto puede incluir el uso de contraseñas, tokens de seguridad o métodos de autenticación multifactor, como la combinación de contraseñas y códigos de verificación enviados a dispositivos móviles. La autorización de acceso a datos implica la asignación de permisos y roles a los usuarios con base en sus responsabilidades y necesidades de información (Ferraiolo y cols., 2003).

Por ejemplo, un empleado de una organización puede tener acceso a los datos de producción, mientras que un gerente puede tener acceso a datos más amplios, como información financiera y de recursos humanos (Sandhu y Samarati, 1994). El cifrado de datos es una técnica de seguridad que protege la información mediante la transformación de datos legibles en texto cifrado que solo puede ser descifrado y leído por aquellos que poseen la clave de descifrado adecuada (Kaspersky, 2021).

El cifrado puede aplicarse tanto a datos en tránsito (mientras se transmiten entre sistemas) como a datos en reposo (almacenados en bases de datos o dispositivos de almacenamiento)

(IBM, 2021). La optimización del rendimiento en el acceso a datos implica la aplicación de técnicas y algoritmos para mejorar la velocidad y eficiencia en la recuperación y manipulación de datos (Elmasri y Navathe, 2016b). Esto puede incluir el uso de índices para acelerar las consultas, la implementación de técnicas de almacenamiento en caché y la optimización de consultas en lenguajes de bases de datos como SQL (García-Molina, Ullman, y Widom, 2020).

Garantizar un acceso eficiente y seguro a los datos es fundamental en el manejo y procesamiento de información en diversos contextos, incluyendo el cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Al implementar patrones y técnicas como la autenticación de usuarios, la autorización de acceso a datos, el cifrado y la optimización del rendimiento, las organizaciones pueden mejorar la seguridad y eficiencia en el acceso a datos, lo que a su vez beneficia el análisis y la toma de decisiones basados en información precisa y confiable (Ferraiolo, Gilbert, y Lynch, 2001), (Elmasri y Navathe, 2016b).

### **Rendimiento y escalabilidad Estrategias y Patrones para Mejorar el Rendimiento y la Escalabilidad de un Sistema de Software en el Contexto del Cierre del Ciclo de Materiales y Ecoeficiencia**

El rendimiento y la escalabilidad son aspectos fundamentales en el diseño e implementación de sistemas de software, especialmente en el contexto del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Mejorar el rendimiento y la escalabilidad de un sistema de software permite a las organizaciones procesar y analizar datos de manera más eficiente, lo que a su vez mejora la toma de decisiones y optimiza el uso de recursos (Williams y Spangler, 2015).

Para lograr esto, se pueden emplear diversas estrategias y patrones, como la arquitectura de microservicios, la computación en la nube, la distribución de carga y el almacenamiento en caché (Newman, 2015). La arquitectura de microservicios es un enfoque para el desarrollo de

software que consiste en construir una aplicación como un conjunto de pequeños servicios independientes, cada uno con responsabilidades específicas y comunicación entre sí a través de interfaces bien definidas (Wikipedia, 2021). Esta arquitectura permite una mayor flexibilidad en el desarrollo, despliegue y escalabilidad de los diferentes componentes de un sistema de software, lo que puede mejorar el rendimiento y la capacidad de adaptación a medida que cambian las necesidades del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia (Dragoni y cols., 2017).

La computación en la nube es otra estrategia que puede mejorar el rendimiento y la escalabilidad de un sistema de software. Al utilizar recursos informáticos a demanda, las organizaciones pueden ajustar fácilmente la capacidad de procesamiento y almacenamiento en función de sus necesidades, lo que permite un uso más eficiente de los recursos y una mayor capacidad para abordar los desafíos del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia (Buyya y cols., 2016b).

La distribución de carga es un patrón que consiste en distribuir el tráfico y las solicitudes entrantes entre múltiples servidores o instancias de un servicio, lo que permite mejorar el rendimiento y la escalabilidad del sistema de software (Bonomi y cols., 2012).

Esto puede ser particularmente útil en el contexto del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia, donde grandes volúmenes de datos y usuarios concurrentes pueden generar demandas significativas en los sistemas de software (Malkowski y cols., 2010).

El almacenamiento en caché es una técnica que consiste en almacenar temporalmente copias de datos o resultados de cálculos para su reutilización en solicitudes futuras, reduciendo así la necesidad de realizar cálculos repetitivos o de acceder a fuentes de datos lentas (Buyya y cols., 2016a). En el contexto del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia, el

almacenamiento en caché puede mejorar el rendimiento y la escalabilidad al reducir la carga en los sistemas de bases de datos y procesamiento de datos, lo que permite a las organizaciones procesar y analizar información más rápidamente (Williams y Spangler, 2015).

Es importante entender que el rendimiento y la escalabilidad son aspectos clave en el diseño e implementación de sistemas de software en el contexto del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia. Mediante el uso de estrategias y patrones como la arquitectura de microservicios, la computación en la nube, la distribución de carga y el almacenamiento en caché, las organizaciones pueden mejorar significativamente el rendimiento y la escalabilidad de sus sistemas de software, lo que les permite procesar y analizar datos de manera más eficiente y optimizar el uso de recursos (Williams y Spangler, 2015).

Estas mejoras pueden resultar en una toma de decisiones más efectiva y una implementación más ágil de estrategias de cierre del ciclo de materiales y ecoeficiencia, lo que contribuye a minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad a largo plazo (Buyya y cols., 2016a).

Al integrar estas estrategias y patrones en el diseño de sistemas de software, las organizaciones pueden garantizar que sus soluciones informáticas sean capaces de adaptarse a las demandas cambiantes del cierre del ciclo de materiales y la ecoeficiencia, proporcionando así una base sólida para la innovación y el progreso continuo en este ámbito (Dragoni y cols., 2017).

## **Metodología**

### **Objetivo**

El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo de arquitectura de software que integre las tecnologías de inteligencia artificial, Big data e inteligencia de negocios para optimizar la gestión de materiales y productos reutilizables en el sector turístico de naturaleza en Colombia.

### **Enfoque Cualitativo**

El enfoque cualitativo se utiliza para comprender las experiencias y perspectivas de los actores clave del sector turístico de naturaleza en Colombia. Este enfoque permite recopilar datos ricos y detallados que pueden ayudar a identificar las necesidades y oportunidades para la implementación de tecnologías de reutilización.

### **Técnicas de Recolección de Datos**

Las técnicas de recolección de datos utilizadas en esta investigación incluyen: Revisión de literatura según (Molina y Collado, 2022). Identificación de materiales y productos reutilizables según (Martínez y Moreno, 2021). Análisis de documentos y talleres según (Reyes y Díaz, 2019).

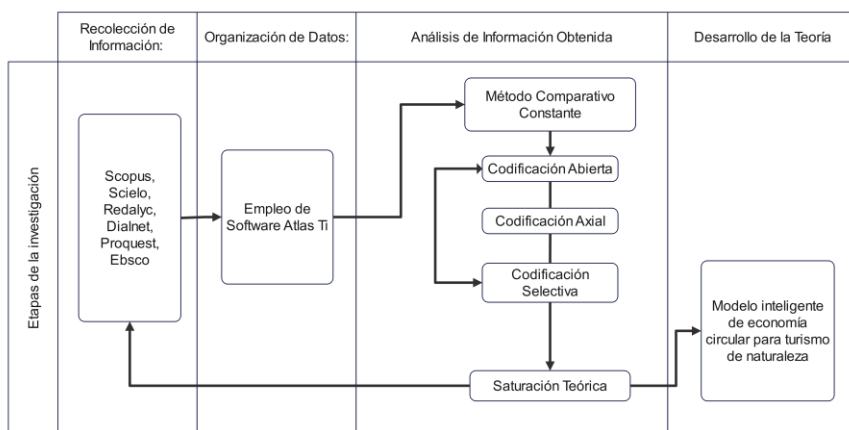
### **Análisis de Datos**

Los datos recopilados a través de las técnicas mencionadas anteriormente se analizarán utilizando el método de teoría fundamentada. Este método se utiliza para desarrollar una teoría que explique los fenómenos sociales a partir de los datos recopilados.

## Etapas de la Investigación

**Figura 1**

*Etapas de la Investigación.*



*Nota.* Se utilizó un enfoque cualitativo, incluyendo métodos como el Método Comparativo Constante y diversas formas de codificación, para desglosar y comprender la información.

La investigación se llevó a cabo en las siguientes etapas:

### ***Recolección de Información***

La fase inicial de la investigación implicó una recolección de datos meticulosa y estratégica.

Implementación de Técnicas de Recolección de Datos: Se realizaron búsquedas exhaustivas en bases de datos académicas como Scopus y Scielo para recoger información relevante. Esta etapa fue crucial para asegurar que los datos recopilados fueran pertinentes y actuales, proporcionando una base sólida para la investigación.

Documentación y Registro de Datos: Todos los datos recogidos se documentaron meticulosamente. Se mantuvo un enfoque riguroso en la precisión para garantizar la fiabilidad y la relevancia de la información recopilada, facilitando así su análisis posterior.

### ***Organización de Datos***

Tras la recolección, se procedió a la organización y preparación de los datos para su análisis.

Estructuración de la Información Recopilada: Se utilizó software especializado, como Atlas Ti, para organizar sistemáticamente los datos. Esta herramienta permitió clasificar y categorizar la información, lo que facilitó su análisis y entendimiento.

Preparación para el Análisis: Los datos fueron clasificados en categorías pertinentes. Esta organización meticulosa fue un paso fundamental para un análisis eficaz, permitiendo una evaluación más sistemática y estructurada de los datos.

### ***Análisis de Información Obtenida***

El análisis de los datos recopilados y organizados fue una etapa clave de la investigación.

Análisis Cualitativo: Se adoptaron métodos cualitativos como el Método Comparativo Constante y diversas formas de codificación (abierta, axial, selectiva) para analizar los datos. Estas técnicas permitieron desglosar y comprender profundamente la información recogida.

Búsqueda de Patrones y Conexiones: Se identificaron patrones, tendencias y conexiones en los datos, con el objetivo de alcanzar la saturación teórica. Este proceso permitió identificar los aspectos más significativos y recurrentes en los datos, aportando una comprensión profunda de los temas investigados.



### ***Desarrollo de la Teoría***

La fase final del proceso de investigación se centró en el desarrollo y refinamiento de una teoría.

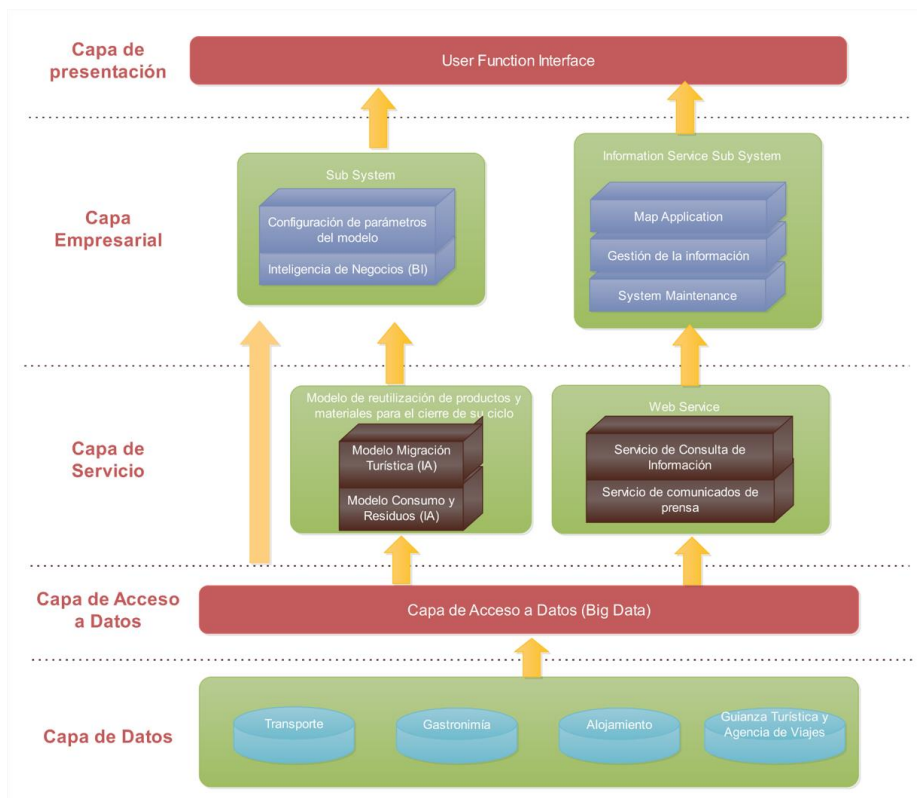
**Síntesis de los Resultados del Análisis:** Los resultados del análisis fueron sintetizados para formular una teoría coherente. En este caso, se enfocó en desarrollar un modelo de economía circular inteligente aplicado al turismo de naturaleza.

**Refinamiento y Validación de la Teoría:** La teoría desarrollada se sometió a un proceso continuo de refinamiento y validación. Se comparó con literatura existente y se evaluó críticamente para asegurar su validez y aplicabilidad en el contexto de turismo de naturaleza.

## Arquitectura de Software Propuesta

**Figura 2**

*Representación Detallada de la Arquitectura de Capas del Sistema.*



*Nota.* Esta arquitectura es esencial para entender cómo se estructuran y comunican los diferentes componentes del sistema. Cada capa tiene una función específica y se interconecta con las demás para garantizar un funcionamiento fluido y eficiente.

### Capa de Configuración de Parámetros (User Function Interface)

Descripción: Integrada con Azure Databricks, esta capa actúa como una interfaz de usuario que permite a los usuarios configurar y personalizar parámetros específicos para análisis de datos y procesamiento en tiempo real. La interfaz de usuario de Databricks facilita la interacción y adaptación según las necesidades del usuario.

## **Capa Empresarial del Modelo**

Descripción: Con la integración de Azure Databricks, esta capa se convierte en el núcleo analítico del sistema, procesando grandes volúmenes de datos y ejecutando reglas de negocio en tiempo real.

### ***Subcomponentes***

Gestión de la Información: Utilizando las capacidades de Azure Databricks, se administra y optimiza la información, permitiendo análisis en tiempo real y decisiones basadas en datos actuales.

Inteligencia de Negocios (BI): Con Databricks, se transforman datos brutos en insights valiosos a través de herramientas avanzadas, facilitando el análisis y la toma de decisiones estratégicas.

System Maintenance: Asegura el correcto funcionamiento del sistema y de la plataforma Databricks, gestionando actualizaciones y mejoras continuas.

## **Capa de Modelo**

Descripción: Integrada con Azure Databricks, esta capa representa la estructura de datos y la lógica de negocio, facilitando el procesamiento y análisis de datos a gran escala.

### ***Subcomponentes***

Migración: Con Databricks, se facilita la transferencia de datos entre diferentes sistemas y plataformas, garantizando la integridad y seguridad de la información.

Servicio de Consulta de Información Turística (IA): Servicio potenciado por el aprendizaje automático de Databricks, proporcionando información turística relevante.

Servicio de Comunicados de Prensa y Consumo de Residuos (IA): Servicio que utiliza las capacidades analíticas de Databricks para gestionar y distribuir comunicados y analizar el consumo de residuos.

### **Capa de Acceso a Datos**

Descripción: Con la integración de Azure Databricks, esta capa optimiza las operaciones CRUD, facilitando un acceso más rápido y eficiente a los datos almacenados en diversas fuentes.

### **Capa de Datos**

Descripción: Es la base del sistema, y con Azure Databricks, se potencia el almacenamiento y gestión de la información, permitiendo escalabilidad y rendimiento optimizado. Esta capa puede incluir bases de datos en Azure, sistemas de archivos distribuidos como Azure Data Lake, entre otros.

## **Generalidades del Proyecto**

### **Problema a Resolver**

El turismo de naturaleza en Colombia, a pesar de su relevancia económica, enfrenta desafíos cruciales en términos de sostenibilidad y ecoeficiencia, particularmente en el cierre del ciclo de materiales.

La gestión ineficiente de materiales y productos reutilizables repercute negativamente en el medio ambiente y en la sostenibilidad del sector. La raíz del problema se encuentra en la falta de una arquitectura de software robusta que incorpore tecnologías de vanguardia como Azure Databricks, inteligencia artificial, Big data e inteligencia empresarial.

Esta infraestructura es fundamental para maximizar la reutilización de residuos y productos en el turismo de naturaleza, lo que se traduce en ahorros económicos, minimización del impacto ambiental y contribución a la disminución de la pobreza en Colombia.

### ***Pregunta de Investigación***

¿De qué manera es posible diseñar e implementar una solución que, aprovechando Azure Databricks y otras tecnologías avanzadas, mejore la gestión de materiales y productos reutilizables en el turismo de naturaleza en Colombia, fomentando así la ecoeficiencia y la sostenibilidad en el sector?

### ***Solución Propuesta:***

La solución propuesta se centra en los siguientes puntos clave: Integración de Azure Databricks para el procesamiento y análisis eficaz de grandes conjuntos de datos vinculados al turismo de naturaleza con inteligencia artificial que permitan identificar y categorizar materiales y productos reutilizables. Creación de un modelo arquitectónico de software orientado a facilitar la reutilización de materiales y productos en nuevas propuestas turísticas.

Incorporación de herramientas de Big data e inteligencia de negocios que proporcionen insights valiosos para la toma de decisiones. Implementación de procesos de economía circular que refuercen la sostenibilidad y reduzcan el impacto ambiental en el ámbito turístico.

### **Descripción General del Sistema a Desarrollar:**

El sistema propuesto será una plataforma integrada diseñada específicamente para el sector turístico de naturaleza en Colombia. Su objetivo principal es optimizar la gestión de materiales y productos reutilizables, promoviendo la sostenibilidad y ecoeficiencia en el sector.

### ***Componentes Principales***

**Módulo de Procesamiento de Datos:** Utilizando Azure Databricks, este módulo se encargará de procesar y analizar grandes conjuntos de datos relacionados con el turismo de naturaleza, identificando patrones y tendencias que puedan ser útiles para la gestión eficiente de materiales.

**Módulo de Inteligencia Artificial:** Implementará algoritmos avanzados para identificar, clasificar y recomendar acciones relacionadas con materiales y productos reutilizables.

**Interfaz de Usuario:** Una interfaz amigable y fácil de usar que permitirá a los usuarios interactuar con el sistema, visualizar insights, y tomar decisiones informadas.

**Módulo de Big data e Inteligencia de Negocios:** Proporcionará herramientas analíticas avanzadas para extraer insights valiosos, ayudando en la toma de decisiones estratégicas.

**Módulo de Economía Circular:** Facilitará la implementación de procesos que promuevan la reutilización de materiales y productos, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo la sostenibilidad.

### ***Funcionalidades Clave***

Gestión eficiente de materiales y productos reutilizables. Análisis predictivo para anticipar tendencias y demandas en el sector turístico. Recomendaciones basadas en IA para la reutilización de materiales. Herramientas de visualización de datos para una interpretación clara y concisa de los insights. Integración con otras plataformas y sistemas para una operación fluida y cohesiva.

### ***Beneficios Esperados***

Reducción del impacto ambiental en el sector turístico de naturaleza. Ahorros económicos gracias a la gestión eficiente de materiales. Promoción de la sostenibilidad y ecoeficiencia en el sector. Mejora en la toma de decisiones gracias a insights valiosos y basados en datos.

### **Objetivos del Documento de Arquitectura**

El Documento de Arquitectura tiene como propósito principal proporcionar una visión comprensiva y unificada de la arquitectura del sistema propuesto. A través de este documento, se busca.

**Definir la Estructura:** Establecer y describir los componentes principales del sistema, sus relaciones, interacciones y cómo se integran para formar la solución completa.

**Proporcionar una Visión Clara:** Ofrecer a todas las partes interesadas una visión clara y coherente del sistema, facilitando la comprensión y el consenso sobre la arquitectura propuesta.

**Establecer Decisiones de Diseño:** Documentar las decisiones de diseño y arquitectura que afectan la forma y función del sistema, incluyendo las justificaciones para dichas decisiones.

**Identificar Restricciones:** Señalar las restricciones y limitaciones, ya sean tecnológicas, operativas o de negocio, que influyen en la arquitectura del sistema.

Servir como Referencia: Actuar como un documento de referencia para todas las fases del ciclo de vida del desarrollo del sistema, desde la conceptualización hasta la implementación y mantenimiento.

Facilitar la Comunicación: Mejorar la comunicación entre los diferentes equipos y partes interesadas, proporcionando un lenguaje común y una visión compartida del sistema.

Documentar Riesgos y Consideraciones: Identificar y documentar posibles riesgos asociados con la arquitectura propuesta y consideraciones importantes para la implementación y operación del sistema.

Este documento es esencial para garantizar que el sistema se desarrolle de manera coherente, eficiente y alineada con los objetivos y requisitos del proyecto.



## Stakeholders

**Tabla 1**

*Stakeholders del Proyecto "Modelo Inteligente de Economía Circular para el Turismo de Naturaleza".*

<b>Stakeholder</b>	<b>Descripción</b>
ECACEN	Entidad encargada del proyecto de investigación "Modelo inteligente de economía circular para el turismo de naturaleza en Colombia".
Empresas turísticas	Empresas del sector turístico que se beneficiarán del modelo de arquitectura de software propuesto.
Operadores turísticos	Entidades que alimentan el sistema con información relevante sobre turismo de naturaleza.
Operadores de transporte	Operadores de transporte terrestre y aéreo que participan en el turismo de naturaleza en Colombia.
Restaurantes	Establecimientos que ofrecen servicios de alimentación en el contexto del turismo de naturaleza.
Hoteles	Establecimientos que ofrecen servicios de alojamiento en el contexto del turismo de naturaleza.
Investigadores	Personas involucradas en la investigación y desarrollo del modelo de arquitectura de software.
Usuarios finales	Personas que utilizarán el sistema o se beneficiarán de las recomendaciones y análisis proporcionados por el modelo.
Gobierno	Entidades gubernamentales que supervisan y regulan el turismo y la economía circular en Colombia.
Comunidades locales	Comunidades que viven en áreas turísticas y que pueden verse afectadas o beneficiadas por el proyecto.
Organizaciones medioambientales	Grupos y organizaciones que se centran en la protección del medio ambiente y que pueden tener un interés en el proyecto.

---

Agencias de viaje	Agencias que ofrecen paquetes turísticos y que pueden beneficiarse o adaptarse al modelo propuesto.
Proveedores de servicios	Empresas o individuos que ofrecen servicios complementarios en áreas turísticas, como guías turísticos, actividades recreativas, entre otros.

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 2**

*Stakeholders y Expectativas del Proyecto "Modelo Inteligente de Economía Circular para el Turismo de Naturaleza".*

<b>Stakeholder</b>	<b>Expectativas</b>
ECACEN	Espera obtener resultados concretos y aplicables del proyecto.
Empresas turísticas	Buscan mejorar sus servicios y adaptarse a las nuevas tendencias del turismo de naturaleza.
Operadores turísticos	Esperan una herramienta que facilite la gestión y promoción de sus servicios.
Operadores de transporte	Anticipan una mayor coordinación y colaboración con otros stakeholders del turismo de naturaleza.
Restaurantes	Buscan atraer a más turistas y ofrecer servicios que se alineen con la economía circular.
Hoteles	Esperan adaptar sus servicios para atraer a turistas interesados en el turismo de naturaleza sostenible.
Investigadores	Buscan desarrollar un modelo robusto y eficiente que pueda ser implementado en la industria.
Usuarios finales	Esperan experiencias turísticas más enriquecedoras y sostenibles.
Gobierno	Busca promover el turismo sostenible y la economía circular en el país.
Comunidades locales	Esperan beneficiarse económicamente y proteger sus recursos naturales y culturales.
Organizaciones medioambientales	Buscan la implementación de prácticas sostenibles en el turismo de naturaleza.
Agencias de viaje	Anticipan ofrecer paquetes turísticos que se alineen con la visión de economía circular.

---

Proveedores de servicios	Esperan colaborar estrechamente con otros stakeholders y adaptar sus servicios según las necesidades del proyecto.
--------------------------	--

---

*Nota.* Autoría propia

### **Motivadores y fuerzas externas**

Los motivadores y fuerzas externas son factores clave que impulsan o afectan el desarrollo y la implementación del proyecto "Modelo Inteligente de Economía Circular para el Turismo de Naturaleza". Estos factores pueden surgir de diversas fuentes, como el entorno económico, social, tecnológico, político o medioambiental.

**Cambio Climático:** La creciente preocupación por el cambio climático ha llevado a una mayor conciencia sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles en el sector turístico.

**Demanda del Mercado:** Los turistas están cada vez más interesados en experiencias ecológicas y sostenibles, lo que impulsa la demanda de modelos de turismo más verdes.

**Tecnología:** La evolución tecnológica permite la creación de soluciones innovadoras para promover el turismo sostenible, desde aplicaciones móviles hasta sistemas de gestión avanzados.

**Regulaciones Gubernamentales:** Las políticas y regulaciones gubernamentales pueden influir en la adopción de prácticas de turismo sostenible, ya sea a través de incentivos o restricciones.

**Competencia:** La creciente competencia en el sector turístico impulsa a las empresas a diferenciarse a través de prácticas sostenibles y modelos innovadores.

Estos motivadores y fuerzas externas deben ser considerados cuidadosamente durante la planificación y ejecución del proyecto, ya que pueden ofrecer oportunidades o presentar desafíos que afecten el éxito del modelo propuesto.

**Tabla 3**

*Motivadores y Fuerzas Externas (Cambio Climático).*

---

**Motivador de Negocio: Cambio Climático**

---

**Nombre del Motivador de Negocio:** Cambio Climático

**Descripción del Motivador de Negocio:** La creciente preocupación por el cambio climático ha llevado a una mayor conciencia sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles en el sector turístico.

**Medida del Impacto:** Porcentaje de adopción de prácticas sostenibles en el sector turístico.

**Rangos:**

Cota Mínima	Cota Máxima	Impacto
0%	64%	Ninguno
65%	75%	Bajo
76%	85%	Moderado
86%	95%	Fuerte
96%	100%	Muy Fuerte

**Asociación del Motivador con el Negocio:**

Definido Por: Organizaciones medioambientales, Gobierno, y Comunidades locales.

**Ubicación en el Portafolio del negocio:** Organizaciones que promueven prácticas sostenibles en el sector turístico

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 4**

*Motivadores y Fuerzas Externas (Demanda del Mercado).*

---

**Motivador de Negocio: Demanda del Mercado**

---

**Nombre del Motivador de Negocio:** Demanda del Mercado

**Descripción del Motivador de Negocio:** Los turistas están cada vez más interesados en experiencias ecológicas y sostenibles, lo que impulsa la demanda de modelos de turismo más verdes.

**Medida del Impacto:** Porcentaje de turistas que buscan experiencias ecológicas y sostenibles en comparación con el turismo tradicional.

**Rangos:**

Cota Mínima	Cota Máxima	Impacto
0%	64%	Ninguno
65%	75%	Bajo
76%	85%	Moderado
86%	95%	Fuerte
96%	100%	Muy Fuerte

**Asociación del Motivador con el Negocio:**

Definido Por: Empresas turísticas, Agencias de viaje, y Usuarios finales.

**Ubicación en el Portafolio del negocio:** Organizaciones y empresas que ofrecen experiencias turísticas ecológicas y sostenibles.

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 5***Motivadores y Fuerzas Externas (Tecnología).*


---

**Motivador de Negocio: Tecnología**

---

**Nombre del Motivador de Negocio:** Tecnología

**Descripción del Motivador de Negocio:** La evolución tecnológica permite la creación de soluciones innovadoras para promover el turismo sostenible, desde aplicaciones móviles hasta sistemas de gestión avanzados.

**Medida del Impacto:** Porcentaje de adopción de tecnologías innovadoras en el sector turístico para promover la sostenibilidad.

**Rangos:**

Cota Mínima	Cota Máxima	Impacto
0%	64%	Ninguno
65%	75%	Bajo
76%	85%	Moderado
86%	95%	Fuerte
96%	100%	Muy Fuerte

**Asociación del Motivador con el Negocio:**

Definido Por: Investigadores, Empresas turísticas, y Proveedores de servicios tecnológicos.

**Ubicación en el Portafolio del negocio:** Organizaciones y empresas que desarrollan o adoptan tecnologías innovadoras para el turismo sostenible.

---

*Nota. Autoría propia*

**Tabla 6**

*Motivadores y Fuerzas Externas (Regulaciones Gubernamentales).*

---

**Motivador de Negocio: Regulaciones Gubernamentales**

**Nombre del Motivador de Negocio:** Regulaciones Gubernamentales

**Descripción del Motivador de Negocio:** Las políticas y regulaciones gubernamentales pueden influir en la adopción de prácticas de turismo sostenible, ya sea a través de incentivos o restricciones.

**Medida del Impacto:** Grado de influencia de las regulaciones gubernamentales en la adopción de prácticas sostenibles en el sector turístico.

**Rangos:**

Cota Mínima	Cota Máxima	Impacto
0%	64%	Ninguno
65%	75%	Bajo
76%	85%	Moderado
86%	95%	Fuerte
96%	100%	Muy Fuerte

**Asociación del Motivador con el Negocio:**

Definido Por: Gobierno y Organizaciones medioambientales.

**Ubicación en el Portafolio del negocio:** Organizaciones y empresas que se ven influenciadas por las regulaciones gubernamentales en el ámbito del turismo sostenible.

---

*Nota.* Autoría propia



**Tabla 7**

*Motivadores y Fuerzas Externas (Competencia).*

---

**Motivador de Negocio: Competencia**

---

**Nombre del Motivador de Negocio:** Competencia

**Descripción del Motivador de Negocio:** La creciente competencia en el sector turístico impulsa a las empresas a diferenciarse a través de prácticas sostenibles y modelos innovadores.

**Medida del Impacto:** Grado en el que la competencia motiva a las empresas a adoptar prácticas sostenibles y modelos innovadores.

**Rangos:**

Cota Mínima	Cota Máxima	Impacto
0%	64%	Ninguno
65%	75%	Bajo
76%	85%	Moderado
86%	95%	Fuerte
96%	100%	Muy Fuerte

**Asociación del Motivador con el Negocio:**

Definido Por: Empresas turísticas y Agencias de viaje.

**Ubicación en el Portafolio del negocio:** Empresas y organizaciones en el sector turístico que buscan diferenciarse en un mercado competitivo.

---

*Nota.* Autoría propia

### **Restricciones**

Al abordar un proyecto que involucra tecnologías avanzadas como Azure Databricks, es crucial establecer restricciones claras desde el principio. Estas restricciones no solo definen los

límites dentro de los cuales debe operar la solución, sino que también proporcionan una dirección clara para el diseño y la implementación. A continuación, se detallan algunas de las restricciones clave que deben tenerse en cuenta al trabajar con Azure Databricks:

**Integración de Datos:** Es esencial que cualquier solución basada en Azure Databricks garantice la correcta integración de fuentes de datos dispares. Esto implica que debe haber un proceso de ETL (Extract, Transform, Load) robusto y eficiente para asegurar la calidad e integridad de los datos.

**Escalabilidad:** Azure Databricks, siendo una solución de análisis de Big data, debe ser capaz de manejar grandes volúmenes de datos y escalar según las necesidades del proyecto.

**Inteligencia Artificial:** Cualquier solución basada en Azure Databricks debe ser capaz de integrar y ejecutar modelos de IA para análisis y predicciones, aprovechando las capacidades avanzadas de la plataforma.

**Seguridad de Datos:** La seguridad de los datos es una restricción fundamental en cualquier solución de Big data. Azure Databricks debe garantizar que los datos estén protegidos y que solo las partes autorizadas tengan acceso a ellos.

**Análisis en Tiempo Real:** Azure Databricks debe ser capaz de proporcionar insights en tiempo real, lo que es esencial para facilitar la toma de decisiones rápidas y eficientes en un entorno dinámico.

**Sostenibilidad y Ecoeficiencia:** Cualquier solución basada en Azure Databricks debe ser diseñada con principios de sostenibilidad y ecoeficiencia en mente. Esto podría traducirse en optimizaciones para reducir el consumo de recursos o en la implementación de características que apoyen prácticas sostenibles.

Estas restricciones no solo garantizan que la solución sea robusta y eficiente, sino que también aseguran que se alinee con los objetivos y valores del proyecto, garantizando así un impacto positivo y sostenible.

**Tabla 8**

*Restricción de Integración de Datos.*

<b>ID Restricción</b>	RT1
<b>Tipo</b>	Tecnología
<b>Nombre</b>	Integración de Datos
<b>Descripción</b>	La solución basada en Azure Databricks debe garantizar una integración impecable de diversas fuentes de datos. Un proceso de ETL (Extract, Transform, Load) robusto es esencial para mantener la calidad e integridad de los datos.
<b>Motivadores</b>	Asegurar la calidad de los datos, facilitar el análisis y la toma de decisiones basada en datos confiables.
<b>Fuerzas Externas</b>	Cambios en las fuentes de datos, evolución de las tecnologías de integración, demandas del mercado.
<b>Establecida por</b>	Grupo de desarrollo y principales interesados.
<b>Alternativas</b>	Portal web para gestionar los puntos de interés o herramientas de integración de terceros.
<b>Observaciones</b>	Se debe revisar periódicamente la eficacia del proceso de ETL y adaptarse a las nuevas necesidades.

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 9***Restricción de Escalabilidad.*

<b>ID Restricción</b>	RT2
<b>Tipo</b>	Tecnología
<b>Nombre</b>	Escalabilidad
<b>Descripción</b>	Azure Databricks, siendo una solución de análisis de Big data, debe ser capaz de manejar grandes volúmenes de datos y escalar según las necesidades del proyecto.
<b>Establecida por</b>	Grupo de desarrollo
<b>Alternativas</b>	Uso de soluciones de almacenamiento distribuido y técnicas de particionamiento de datos.
<b>Observaciones</b>	La escalabilidad es esencial para garantizar que la solución pueda adaptarse a futuros crecimientos en el volumen de datos.

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 10***Restricción de Escalabilidad.*

<b>ID Restricción</b>	RT2
<b>Tipo</b>	Tecnología
<b>Nombre</b>	Escalabilidad
<b>Descripción</b>	La solución basada en Azure Databricks debe ser capaz de gestionar y escalar con grandes volúmenes de datos para satisfacer las demandas cambiantes del proyecto.
<b>Motivadores</b>	Garantizar un rendimiento óptimo, adaptabilidad a crecimientos futuros y eficiencia en el análisis de Big data.
<b>Fuerzas Externas</b>	Aumento en el volumen de datos, evolución de las tecnologías de Big data y expectativas cambiantes del mercado.
<b>Establecida por</b>	Grupo de desarrollo y equipo de análisis de datos.
<b>Alternativas</b>	Implementación de soluciones de almacenamiento distribuido, técnicas avanzadas de particionamiento y optimización de consultas.
<b>Observaciones</b>	Es crucial monitorear regularmente el rendimiento y estar preparado para escalar recursos según sea necesario.

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 11***Restricción de Inteligencia Artificial.*

<b>ID Restricción</b>	RT3
<b>Tipo</b>	Tecnología
<b>Nombre</b>	Inteligencia Artificial
<b>Descripción</b>	La solución basada en Azure Databricks debe ser capaz de integrar y ejecutar modelos de IA para análisis y predicciones, aprovechando las capacidades avanzadas de la plataforma.
<b>Motivadores</b>	Mejorar la precisión del análisis, predecir tendencias futuras y optimizar decisiones basadas en datos.
<b>Fuerzas Externas</b>	Evolución rápida de la tecnología de IA, demanda creciente de soluciones basadas en datos y expectativas del mercado.
<b>Establecida por</b>	Grupo de desarrollo y equipo de ciencia de datos.
<b>Alternativas</b>	Uso de otras plataformas de análisis de datos que soporten la integración de modelos de IA.
<b>Observaciones</b>	Es esencial mantener los modelos de IA actualizados y entrenados con datos recientes para garantizar resultados precisos.

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 12***Restricción de Seguridad de Datos.*

<b>ID Restricción</b>	RT4
<b>Tipo</b>	Tecnología
<b>Nombre</b>	Seguridad de Datos
<b>Descripción</b>	La seguridad de los datos es una restricción fundamental en cualquier solución de Big data. Azure Databricks debe garantizar que los datos estén protegidos y que solo las partes autorizadas tengan acceso a ellos.
<b>Motivadores</b>	Proteger la integridad y confidencialidad de los datos, cumplir con regulaciones y normativas, y mantener la confianza de los usuarios y clientes.
<b>Fuerzas Externas</b>	Amenazas cibernéticas, regulaciones de protección de datos y expectativas de privacidad del usuario.
<b>Establecida por</b>	Equipo de seguridad y cumplimiento.
<b>Alternativas</b>	Uso de otras plataformas de Big data con características de seguridad robustas y comprobadas.
<b>Observaciones</b>	Es esencial realizar auditorías y revisiones de seguridad periódicas para garantizar que las medidas de protección sigan siendo efectivas.

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 13***Restricción de Análisis en Tiempo Real.*

<b>ID Restricción</b>	RT5
<b>Tipo</b>	Tecnología
<b>Nombre</b>	Análisis en Tiempo Real
<b>Descripción</b>	Azure Databricks debe ser capaz de proporcionar insights en tiempo real, lo que es esencial para facilitar la toma de decisiones rápidas y eficientes en un entorno dinámico.
<b>Motivadores</b>	Mejorar la capacidad de respuesta ante eventos en tiempo real, optimizar operaciones y procesos, y ofrecer una experiencia de usuario mejorada.
<b>Fuerzas Externas</b>	Cambios rápidos en el mercado, demanda de información actualizada y expectativas de los usuarios por respuestas inmediatas.
<b>Establecida por</b>	Equipo de análisis y operaciones.
<b>Alternativas</b>	Uso de otras plataformas de análisis en tiempo real o integración con sistemas de streaming de datos.
<b>Observaciones</b>	Es crucial garantizar la precisión y fiabilidad de los insights generados en tiempo real para evitar decisiones erróneas.

---

*Nota.* Autoría propia



**Tabla 14***Restricción de Sostenibilidad y Ecoeficiencia.*

<b>ID Restricción</b>	RT6
<b>Tipo</b>	Diseño y Operación
<b>Nombre</b>	Sostenibilidad y Ecoeficiencia
<b>Descripción</b>	Cualquier solución basada en Azure Databricks debe ser diseñada con principios de sostenibilidad y ecoeficiencia en mente. Esto podría traducirse en optimizaciones para reducir el consumo de recursos o en la implementación de características que apoyen prácticas sostenibles.
<b>Motivadores</b>	Reducción del impacto ambiental, responsabilidad corporativa, y demanda de soluciones sostenibles por parte de los usuarios y stakeholders.
<b>Fuerzas Externas</b>	Normativas ambientales, expectativas del mercado y tendencias en tecnologías sostenibles.
<b>Establecida por</b>	Equipo de diseño y estrategia corporativa.
<b>Alternativas</b>	Uso de tecnologías más eficientes, implementación de prácticas de código limpio y optimizado, y colaboración con organizaciones enfocadas en sostenibilidad.
<b>Observaciones</b>	La sostenibilidad y ecoeficiencia no solo benefician al medio ambiente, sino que también pueden resultar en ahorros a largo plazo y mejorar la imagen corporativa.

---

*Nota.* Autoría propia

## Contexto

### Escenarios Operacionales

#### *Optimización de Recursos en Turismo de Naturaleza*

Utilizar Azure Databricks para analizar y optimizar la gestión de recursos en el turismo de naturaleza, identificando áreas de mejora y oportunidades de reutilización. *Beneficios:* Reducción de costos, mejora en la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de recursos.

#### *Identificación y Clasificación de Materiales*

Implementar modelos de IA en Azure Databricks para identificar y clasificar materiales y productos reutilizables en el sector turístico. *Beneficios:* Promoción de prácticas sostenibles, reducción del impacto ambiental y maximización del uso de materiales.

#### *Análisis Predictivo para la Toma de Decisiones*

Utilizar Azure Databricks para realizar análisis predictivos basados en datos históricos y actuales, facilitando la toma de decisiones rápidas y eficientes en el sector turístico. *Beneficios:* Mejora en la planificación, anticipación a tendencias y adaptación rápida a cambios en el mercado.

#### *Gestión de Residuos y Reciclaje*

Implementar soluciones en Azure Databricks para gestionar eficientemente los residuos generados en el turismo de naturaleza, promoviendo prácticas de reciclaje y reutilización. *Beneficios:* Reducción del impacto ambiental, promoción de la economía circular y mejora en la imagen del sector turístico.

#### *Integración de Datos para Análisis de Impacto Ambiental*

Utilizar Azure Databricks para integrar y consolidar datos de diversas fuentes relacionadas con el impacto ambiental del turismo de naturaleza, permitiendo un análisis detallado y acciones

correctivas. Beneficios: Cumplimiento de normativas ambientales, reducción de la huella ecológica y promoción de prácticas sostenibles.

### ***Promoción de Prácticas Ecoeficientes***

Diseñar soluciones en Azure Databricks que promuevan prácticas ecoeficientes en el sector turístico, desde el diseño de productos hasta la gestión operativa. Beneficios: Mejora en la sostenibilidad, reducción de costos operativos y promoción de una imagen positiva en el mercado.

**Tabla 15**

*Escenario Operacional: Optimización de Recursos en Turismo de Naturaleza.*

<b>Título del Escenario</b>	Optimización de Recursos en Turismo de Naturaleza
<b>Stakeholder Asociado</b>	ECACEN, Empresas turísticas, Operadores turísticos, Gobierno, Comunidades locales, Organizaciones medioambientales
<b>ID</b>	E-01
<b>Descripción General</b>	Implementación de Azure Databricks para analizar y optimizar la gestión de recursos en el turismo de naturaleza, identificando áreas de mejora y oportunidades de reutilización.
<b>Objetivo del Stakeholder</b>	Analizar y optimizar la gestión de recursos en el turismo de naturaleza.
<b>Entrada Inicial</b>	Datos del turismo de naturaleza: recursos utilizados, áreas visitadas, feedback de turistas.
<b>Contexto Operacional</b>	Gestionar eficientemente los recursos en el turismo de naturaleza para garantizar sostenibilidad y eficiencia.
<b>Respuesta del Sistema</b>	Analizar datos, identificar áreas de mejora y oportunidades de reutilización, y ofrecer recomendaciones para optimizar recursos.
<b>Salidas del Sistema</b>	Recomendaciones para optimización, identificación de áreas de mejora y oportunidades de reutilización.
<b>Uso de las Salidas</b>	Los gestores del turismo de naturaleza implementarán las recomendaciones para mejorar la gestión de recursos, reducir costos y mejorar la sostenibilidad.

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 16**

*Escenario Operacional: Identificación y Clasificación de Materiales.*

<b>Título del Escenario</b>	Identificación y Clasificación de Materiales
<b>Stakeholder Asociado</b>	Empresas turísticas, Operadores turísticos, Gobierno, Organizaciones medioambientales
<b>ID</b>	E-02
<b>Descripción General</b>	Implementar modelos de IA en Azure Databricks para identificar y clasificar materiales y productos reutilizables en el sector turístico.
<b>Objetivo del Stakeholder</b>	Promover prácticas sostenibles y maximizar el uso de materiales reutilizables en el sector turístico.
<b>Entrada Inicial</b>	Datos relacionados con materiales y productos utilizados en el sector turístico.
<b>Contexto Operacional</b>	Necesidad de identificar y clasificar materiales y productos reutilizables para promover la sostenibilidad en el turismo.
<b>Respuesta del Sistema</b>	Implementación de modelos de IA para identificar y clasificar materiales, ofreciendo recomendaciones sobre su reutilización.
<b>Salidas del Sistema</b>	Clasificación de materiales y productos, recomendaciones sobre reutilización y prácticas sostenibles.
<b>Uso de las Salidas</b>	Las empresas y gestores del sector turístico implementarán las recomendaciones para reutilizar materiales y promover prácticas sostenibles.

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 17**

*Escenario Operacional: Análisis Predictivo para la Toma de Decisiones.*

<b>Título del Escenario</b>	Análisis Predictivo para la Toma de Decisiones
<b>Stakeholder Asociado</b>	Empresas turísticas, Operadores turísticos, Gobierno, Organizaciones medioambientales
<b>ID</b>	E-03
<b>Descripción General</b>	Utilizar Azure Databricks para realizar análisis predictivos basados en datos históricos y actuales, facilitando la toma de decisiones rápidas y eficientes en el sector turístico.
<b>Objetivo del Stakeholder</b>	Mejorar la planificación y adaptación a tendencias y cambios en el mercado turístico.
<b>Entrada Inicial</b>	Datos históricos y actuales del sector turístico.
<b>Contexto Operacional</b>	Necesidad de tomar decisiones rápidas y eficientes basadas en análisis predictivos para adaptarse a cambios en el mercado turístico.
<b>Respuesta del Sistema</b>	Realizar análisis predictivos y proporcionar insights para la toma de decisiones en el sector turístico.
<b>Salidas del Sistema</b>	Informes de análisis predictivos y recomendaciones para la toma de decisiones.
<b>Uso de las Salidas</b>	Los gestores y decisores del sector turístico utilizarán los insights y recomendaciones para mejorar la planificación y adaptación a cambios en el mercado.

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 18***Escenario Operacional: Gestión de Residuos y Reciclaje.*

<b>Título del Escenario</b>	Gestión de Residuos y Reciclaje
<b>Stakeholder Asociado</b>	Empresas turísticas, Operadores turísticos, Gobierno, Comunidades locales, Organizaciones medioambientales
<b>ID</b>	E-04
<b>Descripción General</b>	Implementar soluciones en Azure Databricks para gestionar eficientemente los residuos generados en el turismo de naturaleza, promoviendo prácticas de reciclaje y reutilización.
<b>Objetivo del Stakeholder</b>	Reducir el impacto ambiental y promover la economía circular en el turismo de naturaleza.
<b>Entrada Inicial</b>	Datos relacionados con los residuos generados en el turismo de naturaleza.
<b>Contexto Operacional</b>	Necesidad de gestionar los residuos en el turismo de naturaleza y promover prácticas sostenibles.
<b>Respuesta del Sistema</b>	Implementar soluciones para la gestión de residuos, promoviendo el reciclaje y la reutilización, y ofreciendo recomendaciones basadas en los datos.
<b>Salidas del Sistema</b>	Estrategias y recomendaciones para la gestión de residuos, reciclaje y reutilización en el sector turístico.
<b>Uso de las Salidas</b>	Las empresas, operadores y otros stakeholders del sector turístico implementarán las estrategias y recomendaciones para reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad.

*Nota. Autoría propia*

**Tabla 19**

*Escenario Operacional: Integración de Datos para Análisis de Impacto Ambiental.*

<b>Título del Escenario</b>	Integración de Datos para Análisis de Impacto Ambiental
<b>Stakeholder Asociado</b>	Empresas turísticas, Operadores turísticos, Gobierno, Organizaciones medioambientales
<b>ID</b>	E-05
<b>Descripción General</b>	Utilizar Azure Databricks para integrar y consolidar datos de diversas fuentes relacionadas con el impacto ambiental del turismo de naturaleza, permitiendo un análisis detallado y acciones correctivas.
<b>Objetivo del Stakeholder</b>	Analizar el impacto ambiental del turismo de naturaleza y tomar acciones correctivas basadas en datos consolidados.
<b>Entrada Inicial</b>	Datos de diversas fuentes relacionados con el impacto ambiental del turismo de naturaleza.
<b>Contexto Operacional</b>	Necesidad de cumplir con normativas ambientales y promover prácticas sostenibles en el turismo de naturaleza.
<b>Respuesta del Sistema</b>	Integrar y consolidar datos, realizar análisis detallado del impacto ambiental y ofrecer recomendaciones para acciones correctivas.
<b>Salidas del Sistema</b>	Análisis detallado del impacto ambiental, recomendaciones para acciones correctivas y estrategias para promover prácticas sostenibles.
<b>Uso de las Salidas</b>	Las empresas, operadores y organizaciones medioambientales implementarán las recomendaciones y estrategias para reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad en el turismo de naturaleza.

*Nota. Autoría propia*



**Tabla 20**

*Escenario Operacional: Promoción de Prácticas Ecoeficientes.*

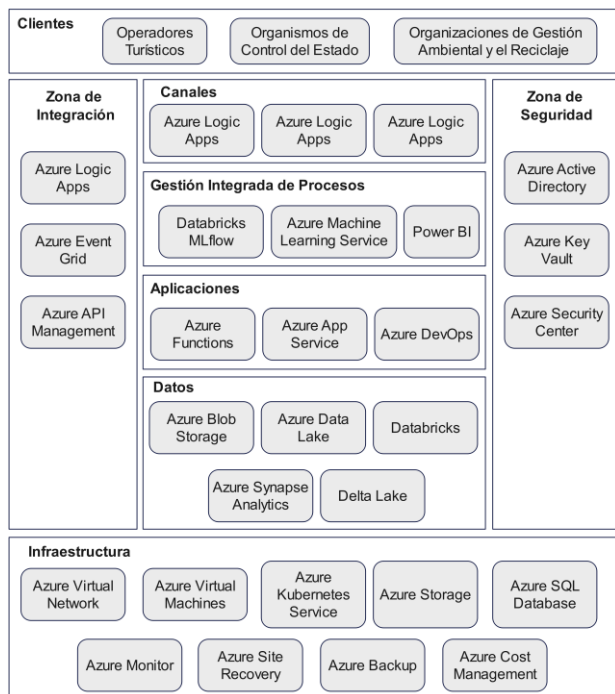
<b>Título del Escenario</b>	Promoción de Prácticas Ecoeficientes
<b>Stakeholder Asociado</b>	Empresas turísticas, Operadores turísticos, Gobierno, Organizaciones medioambientales
<b>ID</b>	E-06
<b>Descripción General</b>	Diseñar soluciones en Azure Databricks que promuevan prácticas ecoeficientes en el sector turístico, desde el diseño de productos hasta la gestión operativa.
<b>Objetivo del Stakeholder</b>	Implementar prácticas ecoeficientes en todas las áreas del sector turístico para mejorar la sostenibilidad y reducir costos.
<b>Entrada Inicial</b>	Datos relacionados con las operaciones y prácticas actuales en el sector turístico.
<b>Contexto Operacional</b>	Necesidad de promover la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental en el sector turístico.
<b>Respuesta del Sistema</b>	Diseñar y ofrecer soluciones que promuevan prácticas ecoeficientes en el diseño de productos y en la gestión operativa del sector turístico.
<b>Salidas del Sistema</b>	Estrategias y recomendaciones para implementar prácticas ecoeficientes, herramientas y soluciones diseñadas para promover la sostenibilidad.
<b>Uso de las Salidas</b>	Las empresas y operadores turísticos implementarán las estrategias, herramientas y soluciones propuestas para promover prácticas ecoeficientes y mejorar la sostenibilidad en el sector.

*Nota.* Autoría propia

## Blueprint

**Figura 3**

### *Blueprint*



*Nota.* Proporciona una representación visual y técnica de cómo se estructurará el Modelo.

### **Zonas y sus Responsabilidades**

#### ***Zona de Datos con Azure Databricks Almacenamiento de datos en Azure***

Blob Storage y Azure Data Lake. Procesamiento y limpieza de datos con Databricks.

Integración con Azure Synapse Analytics para análisis avanzado.

Utilización de Delta Lake para garantizar la calidad y consistencia de los datos.

#### ***Relaciones con las otras zonas***

Relación con la Zona de Aplicaciones: La Zona de Datos provee a la Zona de Aplicaciones con datos procesados y limpios, permitiendo a las aplicaciones consumir estos

datos para diversas funcionalidades. Además, cualquier dato generado o modificado por las aplicaciones puede ser almacenado de nuevo en Azure Blob Storage o Azure Data Lake.

**Relación con la Zona de Procesos de IA:** La Zona de Datos suministra conjuntos de datos para el entrenamiento de modelos de IA. Una vez que los modelos están entrenados, los resultados y las predicciones pueden ser almacenados nuevamente en la Zona de Datos.

**Relación con la Zona de Integración:** La Zona de Datos se integra con otras plataformas y sistemas a través de la Zona de Integración, permitiendo un flujo de datos coherente y eficiente entre diferentes sistemas.

**Relación con la Zona de Canales:** Los datos procesados y almacenados en la Zona de Datos pueden ser expuestos a los usuarios finales a través de diferentes canales, como aplicaciones web, móviles o chatbots.

**Relación con la Zona de Seguridad:** La Zona de Datos implementa medidas de seguridad proporcionadas por la Zona de Seguridad, garantizando que los datos estén protegidos contra amenazas y accesos no autorizados.

### ***Zona de Aplicaciones***

Desarrollo de aplicaciones con Azure Functions y Azure App Service. Integración con Databricks para consumo de modelos de IA y análisis.

Uso de Azure DevOps para CI/CD.

### ***Relaciones con las otras zonas***

**Relación con la Zona de Datos con Azure Databricks:** La Zona de Aplicaciones consume datos procesados y limpios de la Zona de Datos para diversas funcionalidades. Además, cualquier dato generado o modificado por las aplicaciones puede ser enviado para almacenamiento en Azure Blob Storage o Azure Data Lake.

Relación con la Zona de Procesos de IA: La Zona de Aplicaciones puede solicitar el entrenamiento de modelos de IA o consumir modelos ya entrenados para realizar predicciones y análisis.

Relación con la Zona de Integración: La Zona de Aplicaciones se comunica con otras plataformas y sistemas a través de la Zona de Integración, permitiendo un intercambio de datos y funcionalidades coherente y eficiente.

Relación con la Zona de Canales: Las aplicaciones desarrolladas en la Zona de Aplicaciones pueden ser expuestas a los usuarios finales a través de diferentes canales, como aplicaciones web, móviles o chatbots.

Relación con la Zona de Seguridad: La Zona de Aplicaciones implementa medidas de seguridad proporcionadas por la Zona de Seguridad, garantizando que las aplicaciones estén protegidas contra amenazas y accesos no autorizados.

### ***Zona de Procesos de IA***

Entrenamiento de modelos de IA con Databricks MLflow. Despliegue de modelos con Azure Machine Learning Service. Integración con Power BI para visualizaciones y dashboards.

### ***Relaciones con las otras zonas***

Relación con la Zona de Datos con Azure Databricks: La Zona de Procesos de IA consume conjuntos de datos de la Zona de Datos para el entrenamiento y validación de modelos de IA. Una vez entrenados, los modelos pueden almacenar resultados y predicciones de vuelta en la Zona de Datos.

Relación con la Zona de Aplicaciones: La Zona de Procesos de IA provee a la Zona de Aplicaciones con modelos entrenados y servicios de análisis, permitiendo a las aplicaciones realizar predicciones y análisis avanzados.

Relación con la Zona de Integración: La Zona de Procesos de IA puede requerir integraciones con otras plataformas y sistemas a través de la Zona de Integración, especialmente para el despliegue y consumo de modelos de IA.

Relación con la Zona de Canales: Los modelos y análisis de la Zona de Procesos de IA pueden ser expuestos a los usuarios finales a través de visualizaciones y dashboards en diferentes canales.

Relación con la Zona de Seguridad: La Zona de Procesos de IA implementa medidas de seguridad proporcionadas por la Zona de Seguridad, garantizando que el entrenamiento, despliegue y consumo de modelos estén protegidos contra amenazas y accesos no autorizados.

### ***Zona de Integración***

Uso de Azure Logic Apps para integraciones entre sistemas. Azure Event Grid para gestión de eventos en tiempo real. Azure API

Management para exponer servicios de forma segura.

### ***Relaciones con las otras zonas:***

Relación con la Zona de Datos con Azure Databricks: La Zona de Integración facilita el flujo de datos entre la Zona de Datos y otras plataformas o sistemas, permitiendo que los datos se muevan de manera coherente y eficiente.

Relación con la Zona de Aplicaciones: La Zona de Integración proporciona mecanismos para que las aplicaciones accedan y consuman servicios de otras aplicaciones o sistemas, garantizando una integración fluida.

Relación con la Zona de Procesos de IA: La Zona de Integración permite que los modelos y análisis de la Zona de Procesos de IA se integren con otras aplicaciones y sistemas, facilitando el despliegue y consumo de estos modelos.

Relación con la Zona de Canales: A través de la Zona de Integración, los servicios y datos pueden ser expuestos a diferentes canales, garantizando que la información llegue a los usuarios finales de manera eficiente.

Relación con la Zona de Seguridad: La Zona de Integración trabaja en conjunto con la Zona de Seguridad para garantizar que todas las integraciones sean seguras, protegiendo los datos y servicios contra accesos no autorizados y amenazas.

### ***Zona de Canales***

Exposición de servicios a través de Azure Front Door y Azure Content Delivery Network. Integración con Azure Bot Service para chatbots y asistentes virtuales.

### ***Relaciones con las otras zonas***

Relación con la Zona de Datos con Azure Databricks: La Zona de Canales puede requerir acceso a datos específicos para presentarlos a los usuarios finales. Esta información es solicitada y obtenida de la Zona de Datos a través de servicios y APIs.

Relación con la Zona de Aplicaciones: La Zona de Canales consume servicios y funcionalidades ofrecidas por las aplicaciones, permitiendo a los usuarios interactuar con estas funcionalidades a través de diferentes medios y plataformas.

Relación con la Zona de Procesos de IA: Los resultados y visualizaciones generados en la Zona de Procesos de IA pueden ser presentados a los usuarios a través de los canales definidos en esta zona.

Relación con la Zona de Integración: La Zona de Canales puede requerir integraciones específicas con otros sistemas o plataformas, y estas integraciones se gestionan a través de la Zona de Integración.

Relación con la Zona de Seguridad: La Zona de Canales implementa medidas de seguridad para garantizar que la interacción de los usuarios con los servicios y datos sea segura. Estas medidas son proporcionadas y gestionadas en colaboración con la Zona de Seguridad.

### ***Zona de Seguridad***

Uso de Azure Active Directory para autenticación y autorización. Azure Key Vault para gestión de secretos y claves. Azure Security

Center para monitoreo y respuesta a amenazas.

### ***Relaciones con las otras zonas***

Relación con la Zona de Datos con Azure Databricks: La Zona de Seguridad garantiza que el acceso a los datos almacenados y procesados en la Zona de Datos sea seguro, implementando autenticación y autorización adecuadas.

Relación con la Zona de Aplicaciones: La Zona de Seguridad proporciona servicios de autenticación y autorización para las aplicaciones, garantizando que solo los usuarios y sistemas autorizados puedan acceder y modificar las aplicaciones.

Relación con la Zona de Procesos de IA: La Zona de Seguridad asegura que los procesos y modelos de IA se ejecuten en un entorno protegido, y que el acceso a estos procesos esté restringido a entidades autorizadas.

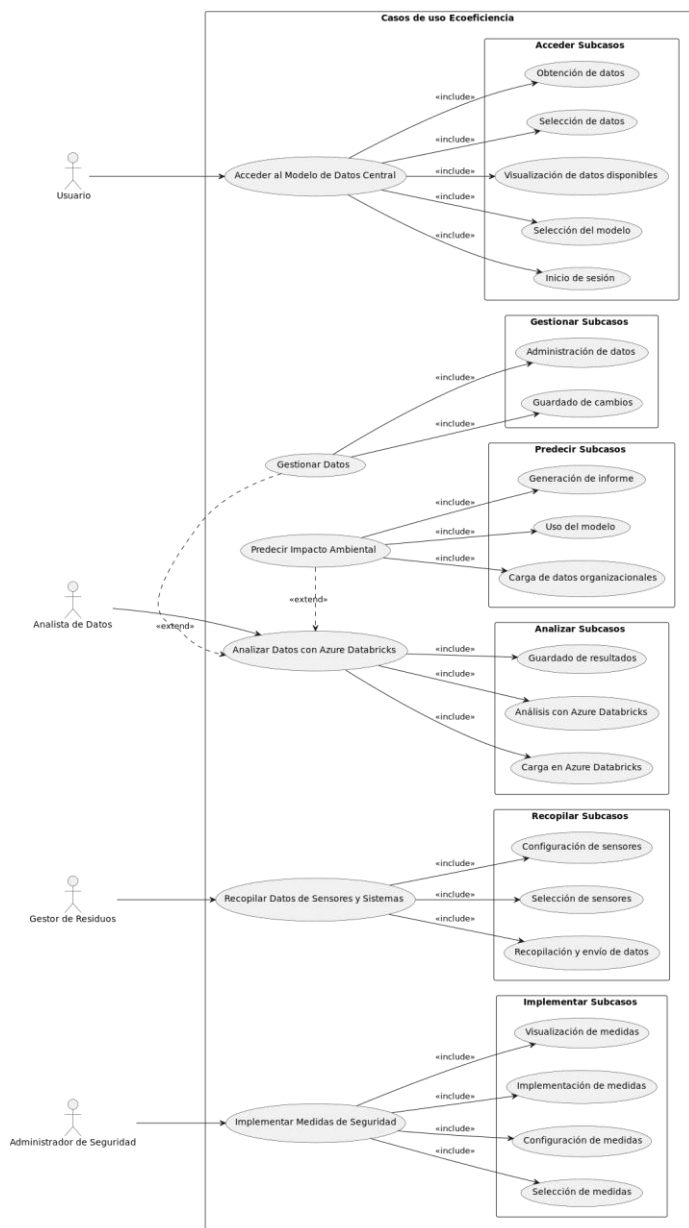
Relación con la Zona de Integración: La Zona de Seguridad garantiza que todas las integraciones entre sistemas sean seguras, protegiendo contra posibles vulnerabilidades y amenazas.

Relación con la Zona de Canales: La Zona de Seguridad implementa medidas para garantizar que los usuarios y sistemas que acceden a los servicios a través de diferentes canales lo hagan de manera segura.

## Casos de Uso

**Figura 4**

*Representación detallada de la los casos de uso.*



*Nota.* Caso de Uso del Modelo de Arquitectura de Software para la Ecoeficiencia en el Cierre del Ciclo de Materiales.



**Tabla 21**

*Detalle del Caso de Uso: Acceder al Modelo de Datos Central.*

<b>Título del Caso de Uso</b>	Acceder al Modelo de Datos Central
<b>ID del Caso de Uso</b>	UC1
<b>Descripción General del Caso de Uso</b>	Este caso de uso describe el proceso mediante el cual un usuario accede al modelo central de datos. El objetivo es permitir que el usuario visualice, seleccione y obtenga datos relevantes para sus necesidades.
<b>Usuarios Involucrados</b>	Usuario
<b>Pre-condiciones</b>	El usuario debe tener credenciales válidas para iniciar sesión. El sistema debe estar operativo y los datos deben estar disponibles para consulta.
<b>Flujo normal de Eventos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. El usuario inicia sesión utilizando sus credenciales.</li> <li>. El sistema valida las credenciales y otorga acceso al usuario.</li> <li>. El usuario selecciona el modelo de datos que desea consultar.</li> <li>. El sistema muestra los datos disponibles para el modelo seleccionado.</li> <li>. El usuario selecciona los datos específicos que desea consultar.</li> <li>. El sistema muestra los datos seleccionados al usuario.</li> <li>. El usuario obtiene los datos para su uso posterior.</li> </ul>
<b>Post-condiciones</b>	El usuario ha accedido con éxito al modelo de datos y ha obtenido la información que necesitaba. El sistema queda en espera de nuevas acciones por parte del usuario.

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 22***Detalle del Caso de Uso: Analizar Datos con Azure Databricks.*

<b>Título del Caso de Uso</b>	Analizar Datos con Azure Databricks
<b>ID del Caso de Uso</b>	UC2
<b>Descripción General del Caso de Uso</b>	Este caso de uso detalla el proceso mediante el cual un analista de datos utiliza la plataforma Azure Databricks para cargar, procesar y analizar grandes conjuntos de datos, con el objetivo de obtener insights valiosos y tomar decisiones basadas en datos.
<b>Usuarios Involucrados</b>	Analista de Datos
<b>Pre-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los datos a analizar deben estar disponibles y en un formato compatible.</li> <li>2. Azure Databricks debe estar operativo y configurado correctamente.</li> </ol>
<b>Flujo normal de Eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selecciona y carga los datos desde una fuente de datos compatible (por ejemplo, Azure Blob Storage, Azure Data Lake, etc.).</li> <li>2. Utiliza las herramientas y librerías disponibles en Azure Databricks (como Spark) para procesar y analizar los datos.</li> <li>3. Realiza visualizaciones, gráficos y dashboards para interpretar los resultados.</li> <li>4. Una vez finalizado el análisis, guarda los resultados, ya sea en forma de informes, dashboards o datasets procesados.</li> </ol>

---

**Post-condiciones**

1. El analista ha obtenido insights valiosos a partir de los datos analizados.
2. Los resultados del análisis están disponibles para su revisión, compartición o uso posterior.
3. El sistema queda en espera de nuevas acciones por parte del analista.

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 23***Detalle del Caso de Uso: Gestionar Datos.*

<b>Título del Caso de Uso</b>	Gestionar Datos
<b>ID del Caso de Uso</b>	UC3
<b>Descripción General del Caso de Uso</b>	Este caso de uso detalla cómo un gestor de residuos administra, modifica, añade o elimina datos dentro del sistema. El objetivo es asegurar que la información sea precisa, esté actualizada y sea coherente con las necesidades operativas y de análisis.
<b>Usuarios Involucrados</b>	Gestor de Residuos
<b>Pre-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El gestor debe tener acceso al sistema con los permisos adecuados para gestionar datos.</li> <li>2. Los datos a gestionar deben estar disponibles en el sistema.</li> <li>3. El sistema debe estar operativo y sin fallos.</li> </ol>
<b>Flujo normal de Eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El gestor accede a la sección de administración de datos.</li> <li>2. Visualiza los datos actuales y decide qué acción tomar (añadir, modificar, eliminar).</li> <li>3. Realiza las modificaciones necesarias o añade nuevos datos.</li> <li>5. Guarda los cambios y confirma la actualización.</li> </ol>
<b>Post-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los datos han sido gestionados y actualizados correctamente en el sistema.</li> <li>2. El sistema refleja los cambios realizados y está listo para futuras operaciones.</li> </ol>

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 24**

*Detalle del Caso de Uso: Implementar Medidas de Seguridad.*

<b>Título del Caso de Uso</b>	Implementar Medidas de Seguridad
<b>ID del Caso de Uso</b>	UC4
<b>Descripción General del Caso de Uso</b>	Este caso de uso describe cómo un Administrador de Seguridad implementa y configura medidas de seguridad en el sistema para proteger los datos y garantizar un acceso seguro.
<b>Usuarios Involucrados</b>	Administrador de Seguridad
<b>Pre-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador debe tener acceso al sistema con permisos de administrador de seguridad.</li> <li>2. El sistema debe estar operativo y sin fallos.</li> <li>3. Las medidas de seguridad a implementar deben estar definidas y disponibles.</li> </ol>
<b>Flujo normal de Eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El administrador accede a la sección de configuración de seguridad.</li> <li>2. Visualiza las medidas de seguridad actuales y decide qué acción tomar (añadir, modificar, eliminar).</li> <li>3. Implementa o configura las medidas de seguridad seleccionadas.</li> <li>4. Verifica que las medidas se hayan implementado correctamente.</li> <li>5. Guarda y confirma los cambios realizados.</li> </ol>
<b>Post-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las medidas de seguridad han sido implementadas y configuradas correctamente.</li> <li>2. El sistema está protegido según las configuraciones establecidas y está listo para futuras operaciones.</li> </ol>

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 25***Detalle del Caso de Uso: Predecir Impacto Ambiental.*

<b>Título del Caso de Uso</b>	Predecir Impacto Ambiental
<b>ID del Caso de Uso</b>	UC5
<b>Descripción General del Caso de Uso</b>	Este caso de uso describe cómo un usuario utiliza el sistema para predecir el impacto ambiental basado en datos organizacionales y modelos predictivos.
<b>Usuarios Involucrados</b>	Usuario
<b>Pre-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario debe tener acceso al sistema con los permisos adecuados.</li> <li>2. Los datos organizacionales y modelos predictivos deben estar disponibles en el sistema.</li> </ol>
<b>Flujo normal de Eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario carga los datos organizacionales necesarios para la predicción.</li> <li>2. Selecciona el modelo predictivo a utilizar.</li> <li>3. El sistema procesa la información y genera una predicción del impacto ambiental.</li> <li>4. El usuario visualiza el informe generado con los resultados de la predicción.</li> </ol>
<b>Post-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario ha obtenido una predicción del impacto ambiental basada en los datos y el modelo seleccionado.</li> <li>2. El informe generado está disponible para su revisión, compartición o uso posterior.</li> </ol>

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 26**

*Detalle del Caso de Uso: Recopilar Datos de Sensores y Sistemas.*

<b>Título del Caso de Uso</b>	Recopilar Datos de Sensores y Sistemas
<b>ID del Caso de Uso</b>	UC6
<b>Descripción General del Caso de Uso</b>	Este caso de uso describe cómo un gestor de residuos recopila datos de diferentes sensores y sistemas para su posterior análisis y uso en el modelo de ecoeficiencia.
<b>Usuarios Involucrados</b>	Gestor de Residuos
<b>Pre-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El gestor debe tener acceso al sistema y a los sensores.</li> <li>2. Los sensores y sistemas deben estar operativos y configurados correctamente.</li> </ol>
<b>Flujo normal de Eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El gestor selecciona los sensores o sistemas de los cuales desea recopilar datos.</li> <li>2. Configura los parámetros de recopilación si es necesario.</li> <li>3. Inicia el proceso de recopilación de datos.</li> <li>4. Una vez recopilados, los datos son enviados y almacenados en el sistema central.</li> </ol>
<b>Post-condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los datos han sido recopilados y almacenados en el sistema central.</li> <li>2. El sistema queda en espera de nuevas acciones por parte del gestor.</li> </ol>

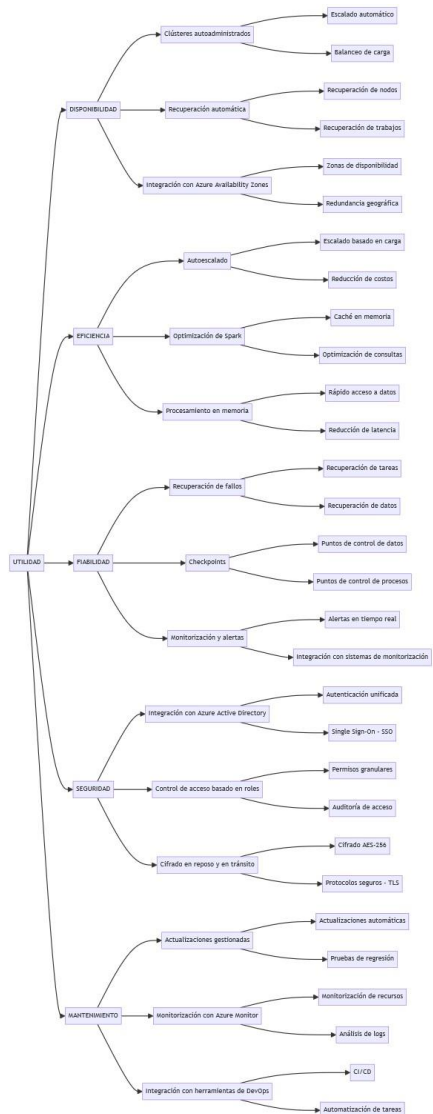
---

*Nota. Autoría propia*

## Requerimientos de Calidad

Figura 5

Árbol de Utilidad.



Nota. Requerimientos de calidad esenciales para el Modelo de Arquitectura de Software enfocado en la Ecoeficiencia en el Cierre del Ciclo de Materiales; para la, reutilización de desechos y productos mediante Tecnologías de Inteligencia Artificial, Big data e Inteligencia de Negocios en Azure Databricks.



**Tabla 27***Requerimientos de Calidad: Disponibilidad.*

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
DIS-01	La plataforma debe estar disponible la mayor cantidad de veces posibles para los usuarios que la utilicen, puedan obtener respuesta a sus peticiones en el menor tiempo posible.	Alta
DIS-02	La plataforma debe contar con clústeres autoadministrados que permitan un escalado automático y balanceo de carga.	Alta
DIS-03	La plataforma debe tener una recuperación automática que incluya la recuperación de nodos y trabajos.	Alta
DIS-04	Debe existir una integración con Azure Availability Zones para garantizar zonas de disponibilidad y redundancia geográfica.	Alta
DIS-05	La eficiencia en el autoescalado es esencial, permitiendo un escalado basado en carga y reducción de costos.	Alta
DIS-06	La optimización de Spark debe incluir caché en memoria y optimización de consultas.	Alta
DIS-07	El procesamiento en memoria debe garantizar un rápido acceso a datos y reducción de latencia.	Alta
DIS-08	La fiabilidad incluye la recuperación de fallos, checkpoints y monitorización y alertas.	Alta

---

DIS-09	La seguridad implica integración con Azure Active Directory, control de acceso basado en roles y cifrado en reposo y en tránsito.	Alta
DIS-10	El mantenimiento incluye actualizaciones gestionadas, monitorización con Azure Monitor e integración con herramientas de DevOps.	Alta

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 28***Requerimientos de Calidad: Eficiencia.*

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
EFI-01	La plataforma debe garantizar un autoescalado eficiente, permitiendo un escalado basado en carga y reducción de costos.	Alta
EFI-02	La optimización de Spark es esencial y debe incluir caché en memoria y optimización de consultas para mejorar el rendimiento.	Alta
EFI-03	El procesamiento en memoria es crucial para garantizar un rápido acceso a datos y reducir la latencia en las operaciones.	Alta
EFI-04	La plataforma debe garantizar la eficiencia en la gestión de recursos, optimizando el uso de la CPU, memoria y almacenamiento.	Alta
EFI-05	Debe existir una integración con herramientas de monitorización que permitan analizar y mejorar la eficiencia del sistema en tiempo real.	Alta
EFI-06	La plataforma debe permitir la configuración y personalización de parámetros de rendimiento para adaptarse a diferentes cargas de trabajo.	Alta

---

EFI-07	La eficiencia en la transmisión de datos es esencial, reduciendo la latencia y garantizando la integridad de los datos transmitidos.	Alta
EFI-08	La plataforma debe ofrecer herramientas y técnicas para la compresión y descompresión eficiente de datos.	Alta
EFI-09	La eficiencia energética es crucial, optimizando el consumo de energía y reduciendo la huella de carbono del sistema.	Alta
EFI-10	La plataforma debe garantizar la eficiencia en la gestión de errores, ofreciendo soluciones rápidas y minimizando el impacto en las operaciones. 89	Alta

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 29***Requerimientos de Calidad: Seguridad.*

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
SEG-01	La plataforma debe garantizar la integración con Azure Active Directory para una autenticación unificada y Single Sign-On (SSO).	Alta
SEG-02	Es esencial un control de acceso basado en roles que permita permisos granulares y auditoría de acceso.	Alta
SEG-03	La plataforma debe garantizar el cifrado en reposo y en tránsito, utilizando cifrado AES-256 y protocolos seguros como TLS.	Alta
SEG-04	La plataforma debe ofrecer mecanismos de defensa contra ataques comunes como DDoS, inyección SQL y cross-site scripting.	Alta
SEG-05	Debe existir una gestión de parches y actualizaciones de seguridad para proteger contra vulnerabilidades conocidas.	Alta
SEG-06	La plataforma debe permitir la configuración de firewalls y listas blancas/negras para controlar el acceso a recursos.	Alta
SEG-07	Es esencial contar con herramientas de detección y respuesta a incidentes de seguridad en tiempo real.	Alta

---

SEG-08	La plataforma debe garantizar la anonimización y pseudonimización de datos sensibles para proteger la privacidad del usuario.	Alta
SEG-09	La plataforma debe ofrecer mecanismos de autenticación multifactor para aumentar la seguridad en el acceso.	Alta
SEG-10	La plataforma debe garantizar la integridad de los datos, ofreciendo mecanismos de verificación y validación.	Alta

---

*Nota.* Autoría propia

**Tabla 30***Requerimientos de Calidad: Fiabilidad.*

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
FIA-01	La plataforma debe garantizar la recuperación de fallos, incluyendo la recuperación de tareas y datos.	Alta
FIA-02	Es esencial contar con checkpoints que permitan puntos de control de datos y procesos.	Alta
FIA-03	La plataforma debe ofrecer monitorización y alertas, incluyendo alertas en tiempo real e integración con sistemas de monitorización.	Alta
FIA-04	Debe existir una gestión de backups y restauraciones para garantizar la integridad y disponibilidad de los datos.	Alta
FIA-05	La plataforma debe garantizar una alta disponibilidad, reduciendo al mínimo los tiempos de inactividad.	Alta
FIA-06	Es esencial contar con mecanismos de redundancia para garantizar la continuidad del servicio en caso de fallos.	Alta
FIA-07	La plataforma debe ofrecer mecanismos de balanceo de carga para distribuir el tráfico y evitar sobrecargas.	Alta
FIA-08	Es esencial contar con pruebas de estrés y carga para evaluar la fiabilidad del sistema bajo diferentes condiciones.	Alta
FIA-09	La plataforma debe garantizar la coherencia de los datos, evitando la corrupción o pérdida de información.	Alta

---

FIA-10      La plataforma debe ofrecer documentación y soporte      Alta  
técnico para resolver problemas y garantizar la fiabilidad  
del servi-  
cio.

---

*Nota.* Autoría propia



**Tabla 31***Requerimientos de Calidad: Mantenibilidad.*

<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
MAN-01	La plataforma debe permitir actualizaciones gestionadas, incluyendo actualizaciones automáticas y pruebas de regresión.	Alta
MAN-02	Es esencial contar con monitorización a través de Azure Monitor, permitiendo la monitorización de recursos y análisis de logs.	Alta
MAN-03	La plataforma debe integrarse con herramientas de DevOps, facilitando procesos de CI/CD y automatización de tareas.	Alta
MAN-04	Debe existir una documentación completa y actualizada del sistema, facilitando su comprensión y mantenimiento.	Alta
MAN-05	La plataforma debe ser modular, permitiendo la adición, modificación o eliminación de componentes sin afectar al resto del sistema.	Alta
MAN-06	Es esencial contar con un código limpio, bien estructurado y comentado, facilitando su comprensión y mantenimiento.	Alta
MAN-07	La plataforma debe permitir la realización de pruebas unitarias y de integración, garantizando la calidad del código.	Alta

---

MAN-08	Es esencial contar con un sistema de control de versiones, permitiendo el seguimiento de cambios y facilitando la colaboración.	Alta
MAN-09	La plataforma debe ser escalable, permitiendo adaptarse a las necesidades cambiantes del negocio.	Alta
MAN-10	Debe existir un soporte técnico y una comunidad activa, facilitando la resolución de problemas y la mejora continua.	Alta

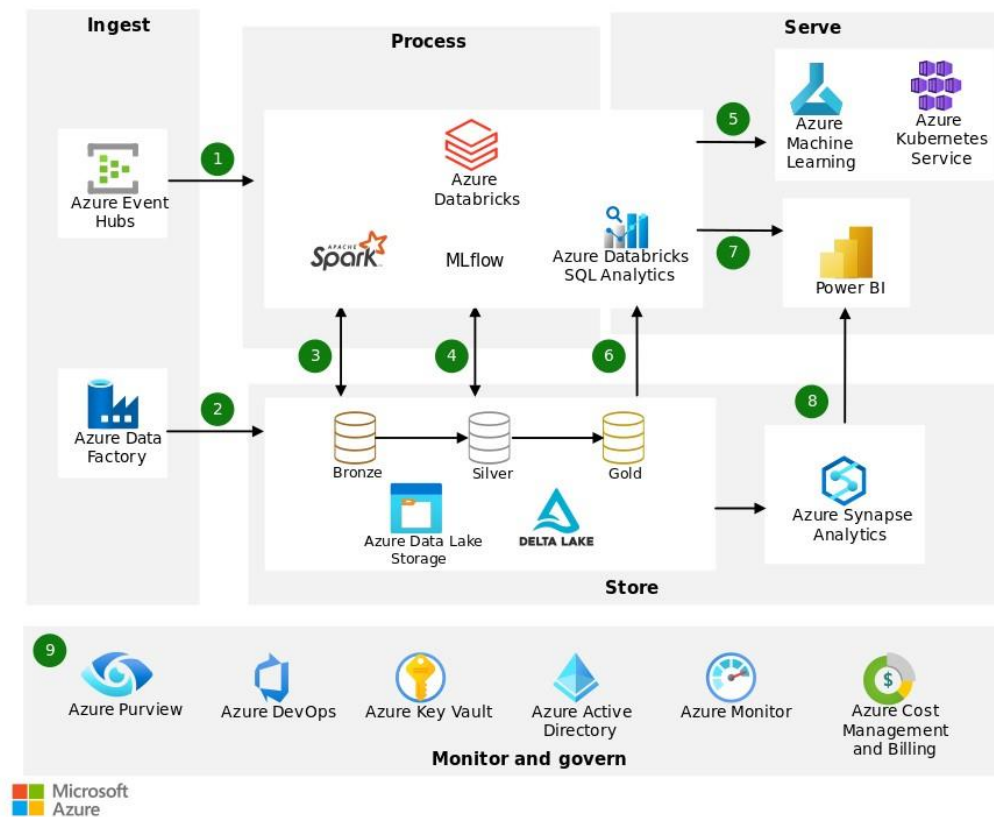
---

*Nota.* Autoría propia

## Arquitectura de análisis moderno con Azure Databricks

**Figura 6**

*Arquitectura de datos moderna: Azure Databricks constituye el Núcleo de la Solución.*



*Nota.* Microsoft. (2023). Arquitectura de análisis moderno con Azure Databricks.

[Artículo en línea]. En Microsoft Learn. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/architecture/solution-ideas/articles/azuredatabricks-modern-analytics-architecture>.

**Ingesta de Datos:** Azure Databricks ingiere datos de streaming sin procesar de Azure Event Hubs. Data Factory carga datos por lotes sin procesar en Data Lake Storage Gen2.

**Almacenamiento de Datos:** Data Lake Storage Gen2 aloja datos de todo tipo: estructurados, no estructurados y semiestructurados. También almacena datos por lotes y de

streaming. Delta Lake constituye la capa mantenida del lago de datos, almacenando los datos refinados en un formato de código abierto.

**Arquitectura en Medallón:** Azure Databricks funciona bien con una arquitectura en medallón que organiza los datos en capas: Bronce (datos sin procesar), Plata (datos limpios y filtrados) y Oro (datos agregados útiles para el análisis empresarial).

**Tareas de Científicos de Datos:** La plataforma analítica ingiere datos de los distintos orígenes de procesamiento por lotes y streaming. Los científicos de datos usan estos datos para preparación de datos, exploración de datos, preparación de modelos y entrenamiento de modelos.

**Gestión de Modelos con MLflow:** MLflow administra el seguimiento de parámetros, métricas y modelos en ejecuciones de código de ciencia de datos. El código puede estar en SQL, Python, R y Scala, y puede usar bibliotecas y marcos de código abierto conocidos.

**Modelos de Machine Learning:** Los modelos están disponibles en varios formatos. Azure Databricks almacena información sobre los modelos en el registro de modelos de MLflow. La solución también puede implementar modelos en servicios web de Azure Machine Learning o Azure Kubernetes Service (AKS).

**SQL Analytics de Azure Databricks:** Los servicios que funcionan con los datos se conectan a un único origen de datos subyacente para garantizar la coherencia. SQL Analytics proporciona un editor de consultas, catálogo, historial de consultas, conjunto de paneles básico y alertas.

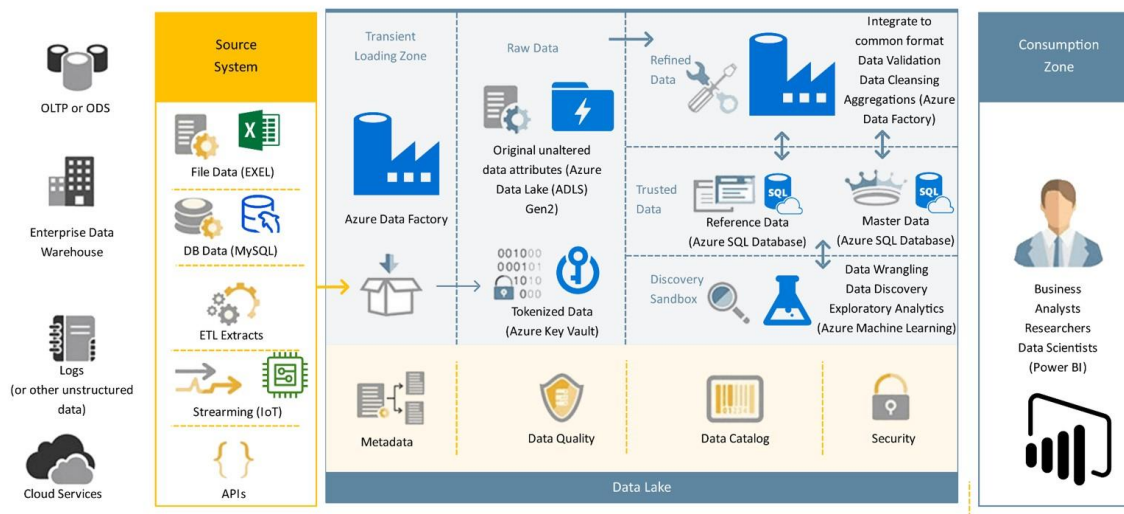
**Power BI:** Genera informes y paneles analíticos e históricos a partir de la plataforma de datos unificada. Este servicio usa un conector de Azure Databricks integrado y controladores JDBC y ODBC optimizados.

Servicios de Azure: La solución usa servicios de Azure para las tareas de colaboración y para mejorar el rendimiento, la confiabilidad, la gobernanza y la seguridad. Algunos de estos servicios incluyen Microsoft Purview, Azure DevOps, Azure Key Vault, Microsoft Entra ID, Azure Monitor y Azure Cost Management and Billing.

## Data Lake Reference Architecture

**Figura 7**

*Data Lake Azure Databrick.*



*Nota.* Microsoft. (2023). Arquitectura de análisis moderno con Azure Databricks.

[Artículo en línea]. En Microsoft Learn. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/architecture/solution-ideas/articles/azuredatabricks-modern-analytics-architecture>.

### Fuentes de Datos

**OLTP o ODS:** Sistemas de procesamiento de transacciones en línea que gestionan aplicaciones orientadas a transacciones.

**Datos de archivos:** Incluye formatos comunes como Excel, CSV, y otros tipos de archivos planos.

**Datos de base de datos:** Bases de datos relacionales como MySQL, PostgreSQL, entre otros. **Enterprise Data Warehouse:** Repositorio centralizado que almacena datos integrados de toda la organización.

**Streaming (IoT):** Datos en tiempo real generados por dispositivos IoT.

**APIs:** Interfaces que permiten la integración con otros sistemas y servicios.

Logs u otros datos no estructurados: Registros de eventos, transacciones y otros datos generados automáticamente.

Servicios en la nube: Plataformas y servicios basados en la nube que generan y almacenan datos.

### **Zona de Carga Transitoria**

Azure Data Factory: Servicio de integración de datos que permite crear, programar y gestionar flujos de datos.

Extracción y Carga: Los datos se extraen de diversas fuentes y se cargan en esta zona temporal antes de ser procesados y transformados.

### **Procesamiento y Transformación**

Integración: Conversión de datos a un formato común para asegurar la coherencia.

Validación: Asegurar que los datos sean precisos y completos.

Agregaciones: Procesos de consolidación de datos utilizando Azure Data Factory.

Datos Originales: Se mantienen intactos y se añaden atributos específicos según las necesidades.

### **Data Lake (ADLS Gen2)**

Raw Data: Datos en su forma original sin procesar.

Refined Data: Datos que han sido procesados, transformados y están listos para el análisis. Consultas y Análisis: Los datos se almacenan de manera estructurada y se pueden consultar y analizar según las necesidades de negocio.

### **Datos de Referencia y Maestros**

Datos de Referencia: Información que define los valores permitidos que se utilizan por otros datos, almacenados en Azure SQL Database.

Datos Maestros: Conjunto de datos esenciales que se consideran de referencia para la operación del negocio, también almacenados en Azure SQL Database.

Tokenización de Datos: Azure Key Vault: Servicio que permite la gestión segura de claves, secretos y certificados, y se utiliza para la tokenización y protección de datos sensibles.

Calidad y Descubrimiento de Datos: Procesos de Calidad: Garantizar que los datos sean precisos, completos y confiables.

Wrangling: Proceso de limpieza y transformación de datos.

Análisis Exploratorio: Examinar los datos para identificar patrones, tendencias y anomalías. Sandbox de Descubrimiento: Entorno para pruebas y experimentación de datos.

Catálogo de Datos: Utilizando Azure Machine Learning para mantener un inventario de datos y metadatos.

#### **Zona de Consumo del Data Lake:**

Acceso Seguro: Los datos están protegidos y solo son accesibles para roles autorizados.

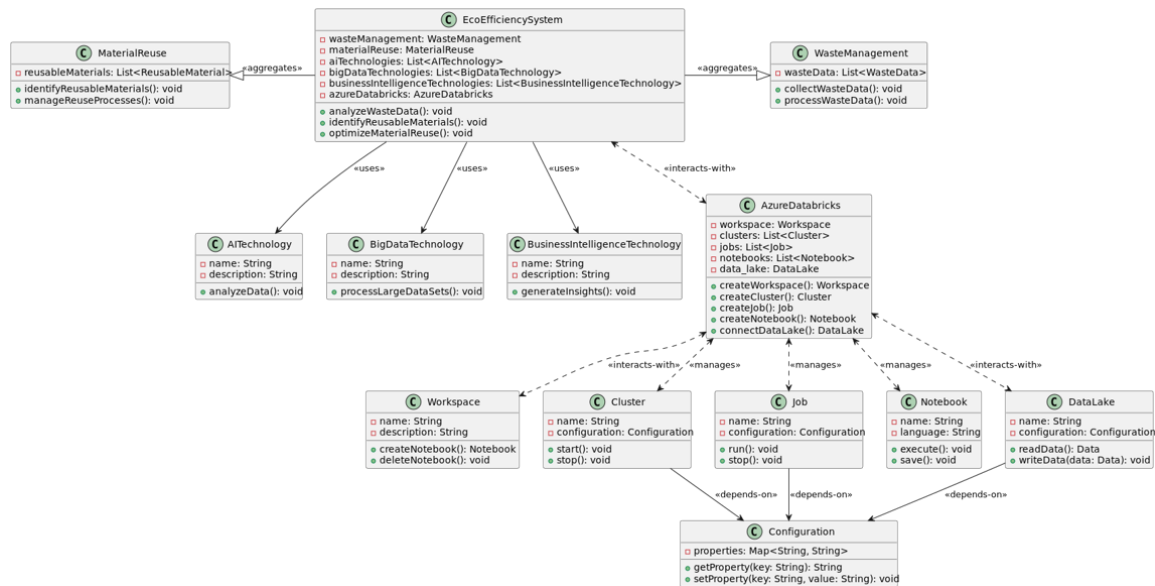
Herramientas de Visualización: Como Power BI, que se utilizan para visualizar, analizar y obtener insights de los datos.



## Vista Lógica

Figura 8

Diagrama de Clases.



*Nota.* Utiliza tecnologías avanzadas de Inteligencia Artificial, Big data e Inteligencia de Negocios, integradas en la plataforma Azure Databricks, para analizar, procesar y optimizar el ciclo de vida de los materiales.

### EcoEfficiencySystem

Es la clase principal que representa el sistema de ecoeficiencia.

#### Atributos

wasteManagement: Gestiona los datos de residuos.

materialReuse: Gestiona la reutilización de materiales.

aiTechnologies: Lista de tecnologías de Inteligencia Artificial utilizadas.

Big DataTechnologies: Lista de tecnologías de Big data utilizadas.

businessIntelligenceTechnologies: Lista de tecnologías de Inteligencia de Negocios utilizadas.

azureDatabricks: Representa la plataforma Azure Databricks.

### ***Métodos***

analyzeWasteData(): Analiza los datos de residuos.

identifyReusableMaterials(): Identifica materiales reutilizables.

optimizeMaterialReuse(): Optimiza el proceso de reutilización de materiales.

### **WasteManagement**

Gestiona la recopilación y el procesamiento de datos de residuos.

### ***Atributo***

wasteData: Lista de datos de residuos.

### ***Métodos***

collectWasteData(): Recopila datos de residuos.

processWasteData(): Procesa los datos de residuos.

### **MaterialReuse**

Gestiona la identificación y el proceso de reutilización de materiales.

### ***Atributo***

reusableMaterials: Lista de materiales reutilizables.

### ***Métodos***

identifyReusableMaterials(): Identifica materiales reutilizables.

manageReuseProcesses(): Gestiona los procesos de reutilización.

### **AITechnology, Big DataTechnology, BusinessIntelligenceTechnology**

Representan diferentes tecnologías utilizadas en el sistema.

### ***Atributos***

name: Nombre de la tecnología.

description: Descripción de la tecnología.

### ***Métodos:***

analyzeData(): Analiza datos (solo para AITechnology).

processLargeDataSets(): Procesa grandes conjuntos de datos (solo para Big DataTechnology).

generateInsights(): Genera insights o perspectivas (solo para BusinessIntelligenceTechnology).

### **AzureDatabricks**

Representa la plataforma Azure Databricks.

### ***Atributos***

workspace: Espacio de trabajo en Azure Databricks.

clusters: Lista de clusters.

jobs: Lista de trabajos o tareas.

notebooks: Lista de notebooks.

data\_lake: Representa el Data Lake.

### ***Métodos***

Métodos para crear y gestionar workspaces, clusters, jobs, notebooks y conectar con el Data Lake.

### **Workspace, Cluster, Job, Notebook, DataLake**

Representan diferentes componentes de Azure Databricks. Tienen atributos y métodos específicos para gestionar sus respectivas funcionalidades.

### **Configuration**

Representa la configuración utilizada por diferentes componentes.

## Atributo

properties: Mapa de propiedades de configuración.

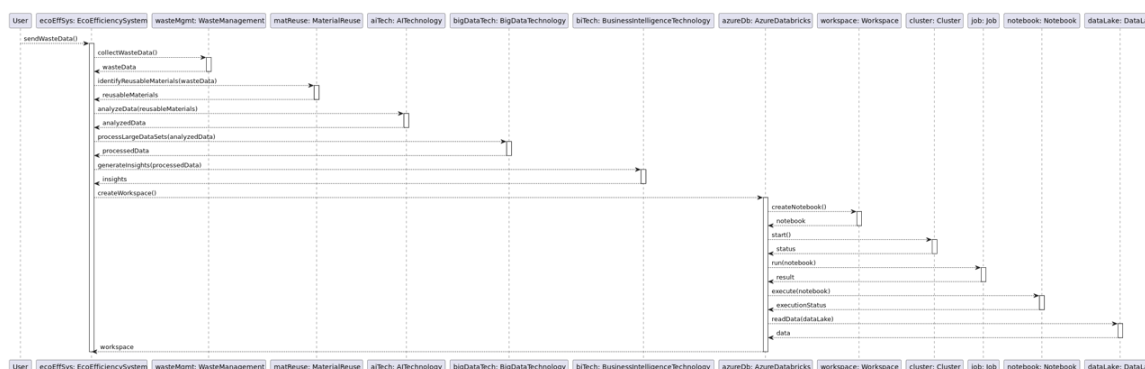
## Métodos

getProperty(): Obtiene una propiedad de configuración.

setProperty(): Establece una propiedad de configuración.

## Figura 9

### Diagrama de Comunicación.



*Nota.* El sistema EcoEfficiencySystem en Azure Databricks es una solución integral para la gestión de residuos y la reutilización de materiales.

*Usuario a EcoEfficiencySystem:* El usuario envía datos de residuos al sistema principal EcoEfficiencySystem mediante la función sendWasteData().

*EcoEfficiencySystem a WasteManagement:* El sistema principal solicita a WasteManagement que recoja los datos de residuos a través de collectWasteData().

WasteManagement devuelve los datos de residuos recolectados al sistema principal.

*EcoEfficiencySystem a MaterialReuse:* El sistema principal envía los datos de residuos a MaterialReuse para identificar materiales reutilizables mediante identifyReusableMaterials(). MaterialReuse devuelve una lista de materiales reutilizables al sistema principal.

*EcoEfficiencySystem a AITechnology:* El sistema principal envía los materiales reutilizables a AITechnology para su análisis mediante analyzeData(). AITechnology devuelve los datos analizados al sistema principal.

*EcoEfficiencySystem a Big DataTechnology:* El sistema principal envía los datos analizados a Big DataTechnology para procesar grandes conjuntos de datos mediante processLargeDataSets(). Big DataTechnology devuelve los datos procesados al sistema principal.

*EcoEfficiencySystem a BusinessIntelligenceTechnology:* El sistema principal envía los datos procesados a BusinessIntelligenceTechnology para generar insights o perspectivas mediante generateInsights(). BusinessIntelligenceTechnology devuelve los insights generados al sistema principal.

*EcoEfficiencySystem a AzureDatabricks:* El sistema principal solicita a AzureDatabricks que cree un espacio de trabajo mediante createWorkspace().

*AzureDatabricks a Workspace:* AzureDatabricks solicita a Workspace que cree un notebook mediante createNotebook(). Workspace devuelve el notebook creado AzureDatabricks.

*AzureDatabricks a Cluster:* AzureDatabricks solicita a Cluster que inicie un cluster mediante start(). Cluster devuelve el estado del cluster a AzureDatabricks.

*AzureDatabricks a Job:* AzureDatabricks solicita a Job que ejecute un trabajo o tarea en el notebook mediante run(). Job devuelve el resultado de la ejecución a AzureDatabricks.

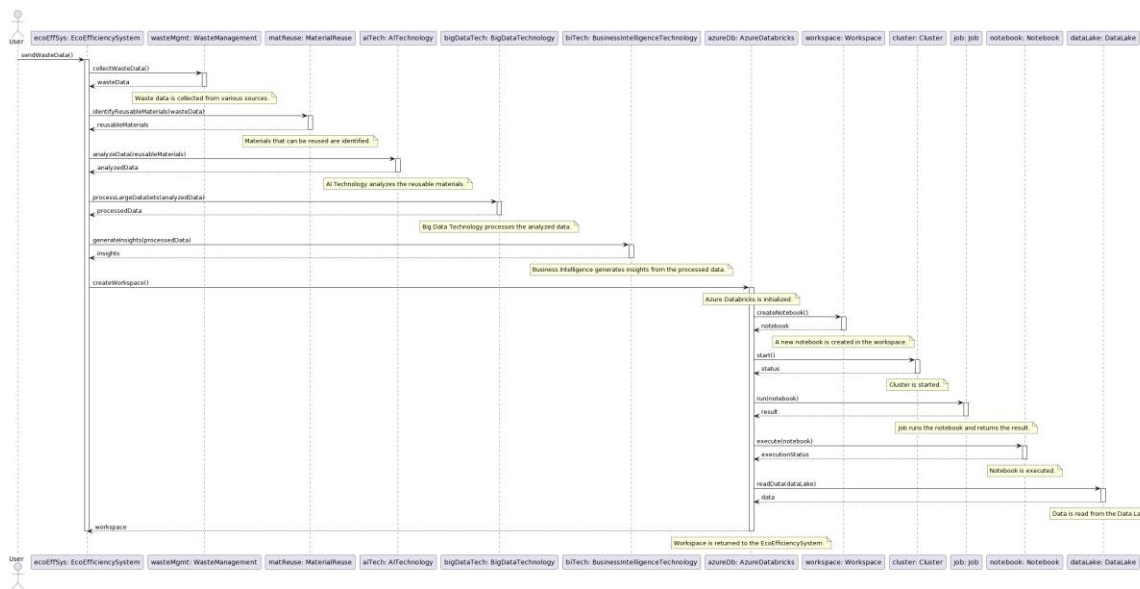
*AzureDatabricks a Notebook:* AzureDatabricks solicita a Notebook que ejecute el notebook mediante execute(). Notebook devuelve el estado de la ejecución a AzureDatabricks.

*AzureDatabricks a DataLake:* AzureDatabricks solicita a DataLake que lea datos del lago de datos mediante readData(). DataLake devuelve los datos leídos a AzureDatabricks.

*Conclusión:* Finalmente, AzureDatabricks devuelve el espacio de trabajo creado al sistema principal EcoEfficiencySystem.

**Figura 10**

*Diagrama de Secuencia.*



*Nota.* El usuario inicia el proceso enviando datos de residuos al sistema EcoEfficiencySystem. estos datos son procesados y analizados mediante diversas tecnologías como Inteligencia Artificial y Big Data.

**Inicio del Proceso:** Un *User* inicia el proceso enviando datos de residuos al sistema *EcoEfficiencySystem* mediante la función *sendWasteData()*.

**Gestión de Residuos:** *EcoEfficiencySystem* solicita a *WasteManagement* que recoja los datos de residuos a través de *collectWasteData()*. *WasteManagement* devuelve los datos de residuos recolectados al sistema principal. Se añade una nota que indica que los datos de residuos se recopilan de varias fuentes.

**Reutilización de Materiales:** *EcoEfficiencySystem* envía los datos de residuos a

*MaterialReuse* para identificar materiales reutilizables. *MaterialReuse* devuelve una lista de materiales reutilizables al sistema principal.

Análisis de Datos con Inteligencia Artificial: Los materiales reutilizables se envían a *AITechnology* para su análisis. *AITechnology* devuelve los datos analizados al sistema principal.

Procesamiento de Grandes Conjuntos de Datos: Los datos analizados se envían a *Big DataTechnology* para su procesamiento. *Big DataTechnology* devuelve los datos procesados al sistema principal.

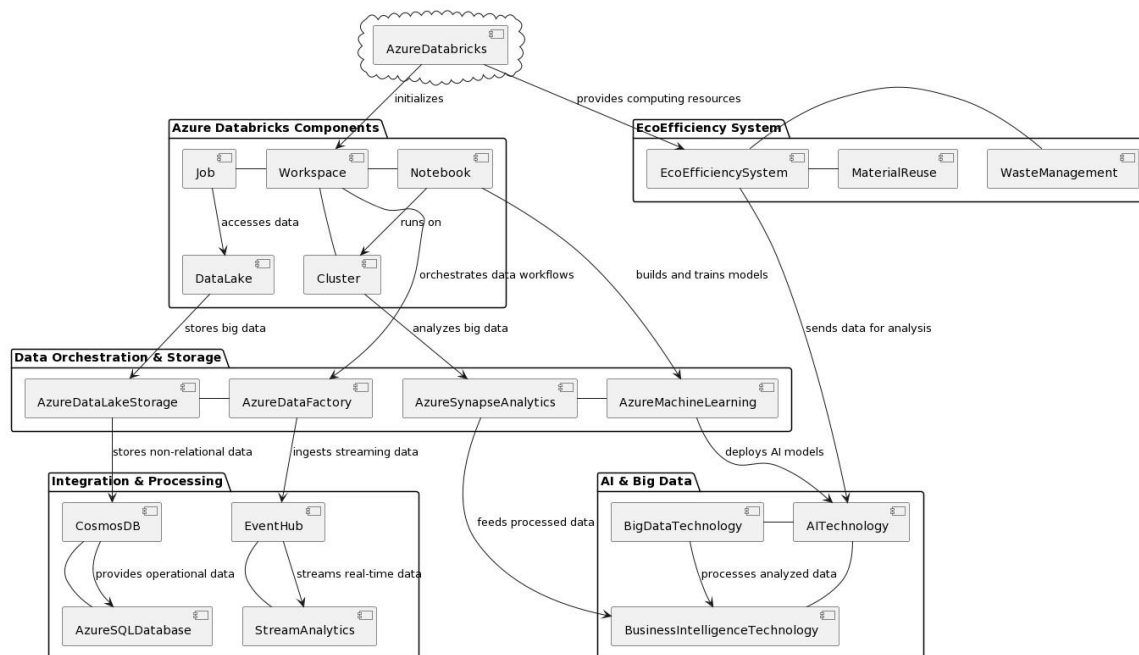
Generación de *Insights*: Los datos procesados se envían a *BusinessIntelligenceTechnology* para generar *insights* o perspectivas. *BusinessIntelligenceTechnology* devuelve los *insights* generados al sistema principal.

Integración con *Azure Databricks*: *EcoEfficiencySystem* solicita a *AzureDatabricks* que cree un espacio de trabajo. *AzureDatabricks* inicializa un nuevo espacio de trabajo y solicita a *Workspace* que cree un notebook. Una vez creado el notebook, *AzureDatabricks* inicia un *cluster* y ejecuta un trabajo en el notebook. Posteriormente, *AzureDatabricks* ejecuta el notebook y lee datos del *DataLake*. Finalmente, *AzureDatabricks* devuelve el espacio de trabajo creado al sistema principal *EcoEfficiencySystem*.

## Vista de Despliegue

**Figura 11**

*Diagrama de Componentes.*



*Nota.* El diagrama detalla la interconexión entre los componentes, destacando la importancia del flujo de datos eficiente y la capacidad de análisis en tiempo real para la toma de decisiones basada en datos que impulsan la ecoeficiencia.

### Componente Central - EcoEfficiency System

El sistema de ecoeficiencia es el corazón de la arquitectura, encargado de dirigir las operaciones relacionadas con la sostenibilidad y la eficiencia ambiental. Las funcionalidades claves son:

**EcoEfficiencySystem:** Esta es la aplicación principal que coordina todas las actividades de ecoeficiencia. Utiliza datos recopilados en tiempo real para tomar decisiones informadas sobre la optimización de recursos y la reducción de residuos.



**WasteManagement:** Un subsistema especializado en el seguimiento y gestión de residuos. Su objetivo es minimizar la producción de residuos y maximizar su reciclaje o reutilización.

**MaterialReuse:** Este componente se enfoca en identificar oportunidades para reutilizar materiales dentro de la producción o en otros ciclos de uso, apoyando una economía circular y reduciendo la demanda de recursos nuevos.

### **AI & Big data Package**

Estos componentes ofrecen capacidades analíticas y de procesamiento de datos para extraer conocimiento y patrones que informan decisiones operativas y estratégicas.

**AITechnology:** Incorpora algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural que analizan datos para identificar tendencias y proporcionar predicciones que mejoran las operaciones de ecoeficiencia.

**Big DataTechnology:** Herramientas especializadas en el manejo de volúmenes masivos de datos, permitiendo su almacenamiento, consulta y análisis eficiente.

**BusinessIntelligenceTechnology:** Soluciones de BI que convierten datos en informes y dashboards, facilitando la comprensión de los datos y la toma de decisiones basadas en datos.

### **Azure Databricks Cloud Service**

Azure Databricks sirve como la plataforma central de análisis y procesamiento de datos.

**Workspace:** Este es un entorno colaborativo donde los equipos pueden trabajar juntos en Notebooks, gestionar Clusters y programar Jobs. Actúa como una interfaz para todas las operaciones de procesamiento de datos.

Notebook: Es un entorno interactivo que soporta lenguajes de programación como Python, Scala, SQL y R, donde los científicos de datos desarrollan código para análisis de datos y machine learning.

Cluster: Conjuntos de máquinas virtuales que proporcionan la potencia de procesamiento para ejecutar los Notebooks y procesar grandes conjuntos de datos en paralelo.

Job: Funciones o scripts programados para ejecutarse a intervalos regulares o en respuesta a eventos específicos, automatizando las tareas de procesamiento de datos.

DataLake: Un repositorio que permite almacenar cantidades masivas de datos en su forma natural hasta que se necesiten para el análisis.

### **Data Orchestration & Storage**

Estos servicios garantizan que los datos se almacenen y fluyan correctamente a través del sistema.

AzureDataFactory: Servicio de integración de datos que permite la creación, programación y gestión de flujos de datos entre diferentes servicios.

AzureDataLakeStorage: Solución de almacenamiento basada en la nube diseñada para almacenar grandes volúmenes de datos en diversos formatos.

AzureSynapseAnalytics: Plataforma de análisis que combina Big data y data warehousing, permitiendo la exploración, preparación y gestión de grandes cantidades de datos para el análisis.

AzureMachineLearning: Servicio de cloud computing que permite a los científicos de datos y desarrolladores construir, entrenar e implementar modelos de machine learning de manera rápida y eficiente.

## **Integration & Processing**

Componentes clave para la integración y procesamiento de datos en tiempo real y la gestión operativa de los datos.

EventHub: Servicio de Azure que recibe y procesa grandes volúmenes de eventos y datos en tiempo real, funcionando como un "hub" de eventos para la ingesta de datos.

StreamAnalytics: Servicio que permite procesar flujos de datos en tiempo real a gran escala, para obtener insights inmediatos y respuestas rápidas a los eventos.

CosmosDB: Base de datos multimodelo distribuida globalmente para aplicaciones de escala masiva, diseñada para trabajar con datos no relacionales y proporcionar alta disponibilidad y consistencia de datos.

AzureSQLDatabase: Un servicio de base de datos relacional completamente gestionado que ofrece una base de datos SQL como servicio. Se utiliza para almacenar y gestionar datos relacionales que requieren transacciones complejas, consultas o análisis.

## **Interconexión y Flujo de Datos**

En esta arquitectura, el flujo de datos es clave para automatizar y mejorar la ecoeficiencia:

Los datos generados por el EcoEfficiency System se envían a AITechnology para su análisis, lo que permite obtener información valiosa sobre patrones de consumo, eficiencia de recursos y generación de residuos.

Azure Databricks proporciona la plataforma analítica y de procesamiento para trabajar con estos datos. La escalabilidad y la capacidad de procesamiento de Databricks aseguran que el sistema pueda manejar volúmenes de datos en expansión y requisitos computacionales crecientes.

Los Notebooks en Databricks ejecutan algoritmos y modelos de Machine Learning, que se benefician de los Clusters de alto rendimiento para el procesamiento de datos y el entrenamiento de modelos.

Las Jobs automatizan los flujos de trabajo, ejecutando tareas recurrentes o respondiendo a eventos desencadenantes, como nuevos datos entrantes o alertas del sistema.

Los datos procesados y las insights generadas se almacenan en el DataLake y pueden ser trasladados a Azure Data Lake Storage para un almacenamiento a largo plazo y alta disponibilidad.

La orquestación de estos flujos de datos se gestiona mediante Azure Data Factory, que coordina y mueve los datos entre servicios y procesos.

Para el análisis y almacenamiento especializado, los datos pueden ser procesados adicionalmente en Azure Synapse Analytics, donde se llevan a cabo tareas de data warehousing y análisis profundo.

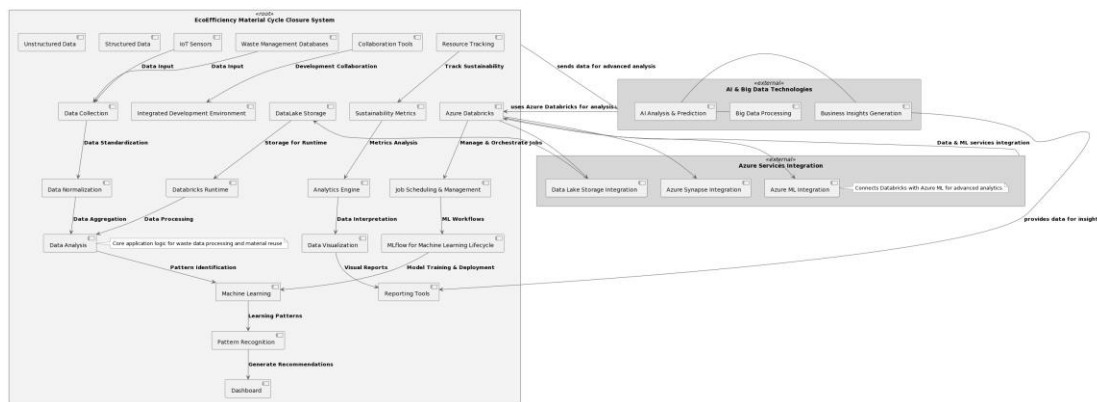
Azure Machine Learning facilita la operacionalización de modelos de IA, lo que permite aplicar inteligencia avanzada al sistema de ecoeficiencia para hacer predicciones o tomar decisiones automáticas.

EventHub y StreamAnalytics juegan un papel crucial en el manejo de datos en tiempo real, asegurando que el sistema pueda responder rápidamente a los cambios y proporcionar análisis en tiempo real.

Los datos operacionales se manejan a través de CosmosDB para datos no relacionales y Azure SQL Database para datos relacionales, lo que permite una gestión eficiente y el aprovechamiento de las capacidades de procesamiento de transacciones y análisis de datos estructurados.

**Figura 12**

*Diagrama de Paquetes.*



*Nota.* es una plataforma diseñada para mejorar la sostenibilidad en el turismo de naturaleza mediante la gestión eficiente del ciclo de materiales. Utiliza tecnologías avanzadas como AI, Big data y Azure Databricks para recopilar, analizar y visualizar datos, facilitando la toma de decisiones basadas en insights precisos y fomentando prácticas ecoeficientes.

### **Paquete Raíz del Sistema EcoEficiencia (“EcoEfficiency Material Cycle Closure System”)**

Este paquete actúa como el corazón operativo del sistema, gestionando el ciclo completo de materiales desde la recolección de datos hasta la generación de insights accionables para fomentar la sostenibilidad:

**Recopilación de Datos (Data Collection):** Este componente robusto consolida datos de múltiples fuentes, asegurando una captura eficiente y confiable mediante la implementación de protocolos de seguridad y privacidad para proteger la información recogida.

**Sensores IoT (IoT Sensors) y Bases de Datos de Gestión de Residuos (Waste Management Databases):** Estos sistemas proporcionan un flujo constante de datos en tiempo real y datos históricos respectivamente, con mecanismos para la autenticación y la integridad de los datos durante la transferencia hacia la recopilación de datos.

Normalización de Datos (Data Normalization) y Análisis de Datos (Data Analysis): Aquí se estandariza y se agregan los datos, empleando algoritmos avanzados para asegurar la calidad de los datos y técnicas de enriquecimiento para facilitar análisis más profundos. Este componente se escala dinámicamente para manejar volúmenes de datos variables.

Machine Learning y Reconocimiento de Patrones: Utiliza modelos avanzados de aprendizaje automático para identificar tendencias y predecir comportamientos futuros, apoyándose en el framework de MLflow para gestionar el ciclo de vida completo del ML, desde la experimentación hasta la producción.

Dashboard y Herramientas de Reporte: Proporciona una interfaz intuitiva para la visualización de datos, incluyendo la capacidad de personalizar informes y dashboards, ofreciendo así insights de sostenibilidad a los stakeholders.

Motor de Análisis (Analytics Engine) y Visualización de Datos (Data Visualization): Interpreta grandes conjuntos de datos y los transforma en visualizaciones gráficas y cuadros de mando interactivos, optimizados para dispositivos móviles y accesibles a través de plataformas web seguras.

Seguimiento de Recursos y Métricas de Sostenibilidad (Resource Tracking and Sustainability Metrics): Ofrece un seguimiento continuo de los indicadores de sostenibilidad, integrando prácticas de responsabilidad y transparencia en la cadena de valor del sistema.

Componentes de Azure Databricks: ADB y sus componentes asociados como Herramientas de Colaboración, Entorno de Desarrollo Integrado (Integrated Development Environment), Programación y Gestión de Trabajos (Job Scheduling & Management), y el Tiempo de Ejecución de Databricks (Databricks Runtime) forman la

infraestructura de procesamiento de datos en la nube, ofreciendo alta disponibilidad y capacidad de recuperación ante desastres.

Almacenamiento DataLake y Datos Estructurados/No Estructurados (DataLake Storage, Structured/Unstructured Data): Proporcionan una solución de almacenamiento escalable y segura, optimizada para el análisis de grandes volúmenes de datos con latencia baja y altas tasas de transferencia.

### **Paquete de Tecnologías de AI & Big data**

Este paquete encapsula las soluciones avanzadas de terceros que complementan el sistema principal con capacidades adicionales de procesamiento y análisis de datos masivos y análisis predictivo, asegurando la escalabilidad horizontal para manejar picos de carga de trabajo.

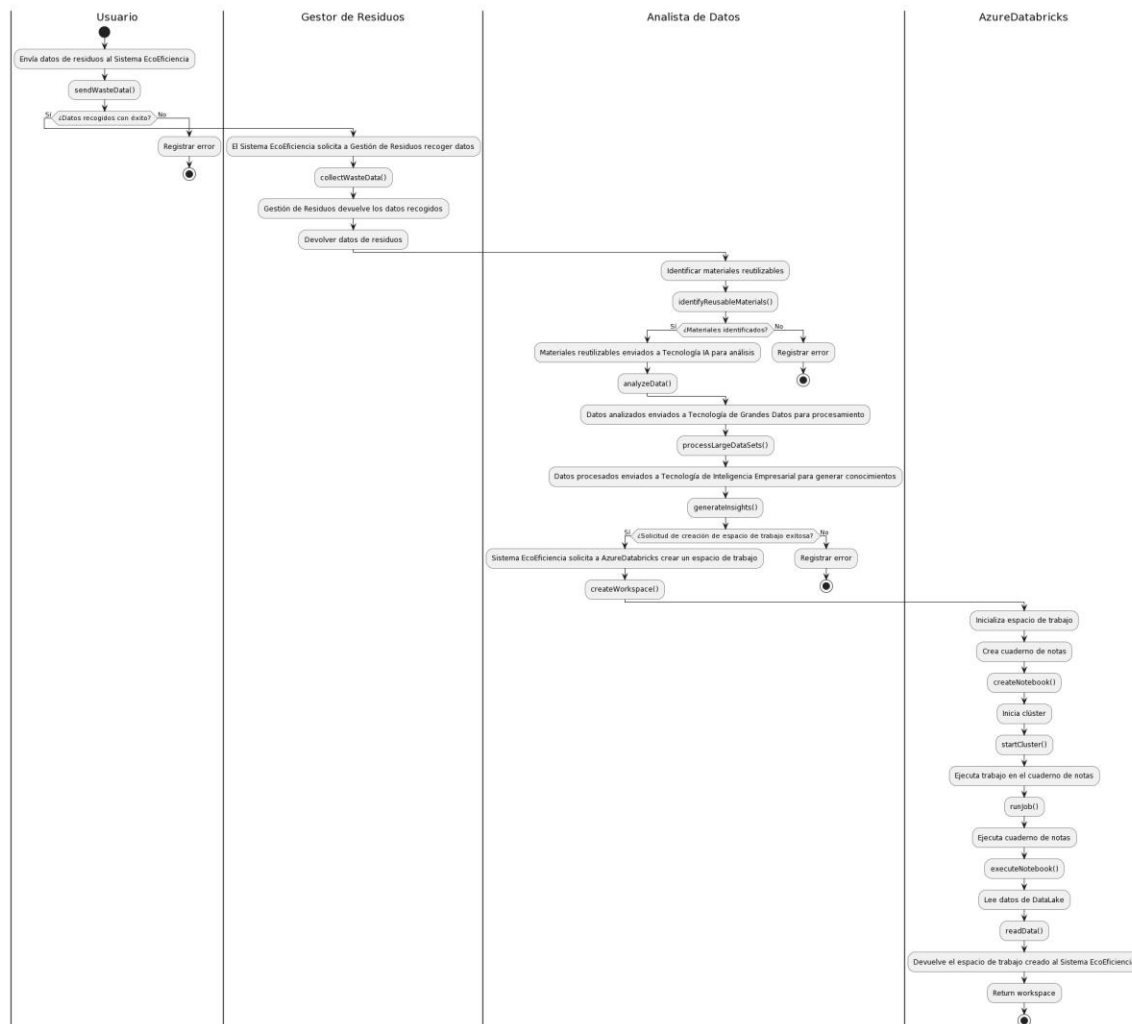
### **Integración de Azure Databricks con Servicios Externos**

Este conjunto de componentes refleja la capacidad del sistema para integrarse con soluciones avanzadas de Azure como Azure Synapse y Azure ML, proporcionando una interoperabilidad fluida y ampliando las capacidades analíticas y de aprendizaje automático del sistema.

## Vista de Procesos

**Figura 13**

*Diagrama de Actividad.*



*Nota.* Representa el flujo de trabajo del sistema EcoEfficiencySystem y su interacción con AzureDatabricks.

### Inicio del Proceso

El proceso se inicia cuando un usuario, ya sea un individuo o una entidad, envía datos relacionados con residuos al sistema EcoEfficiencySystem. Estos datos pueden incluir información sobre el tipo, cantidad, origen y destino de los residuos.



## **Gestión de Residuos**

Una vez que el sistema EcoEfficiencySystem recibe los datos, intenta procesarlos y recopilar información relevante.

Si los datos se recopilan con éxito, el sistema solicita a WasteManagement, una entidad especializada, que recoja y clasifique los datos. WasteManagement, utilizando algoritmos avanzados y bases de datos actualizadas, devuelve los datos recopilados y categorizados al sistema principal.

Si hay algún problema en la recopilación de datos, como datos corruptos o incompletos, se registra un error en el sistema y el proceso se detiene temporalmente hasta que se resuelva el problema.

## **Identificación de Materiales Reutilizables**

Con los datos en mano, el sistema EcoEfficiencySystem busca identificar materiales que puedan ser reutilizados o reciclados.

Si se identifican materiales reutilizables, estos datos se envían a AITechnology, una herramienta que utiliza inteligencia artificial para analizar y predecir posibles usos de los materiales.

Si no se identifican materiales reutilizables, se registra un error y se genera una alerta para que los administradores revisen la situación.

## **Procesamiento y Análisis de Datos**

Una vez identificados los materiales reutilizables, los datos se envían a Big DataTechnology. Esta herramienta procesa grandes volúmenes de datos y extrae información valiosa. Posteriormente, los datos procesados y refinados se envían a

BusinessIntelligenceTechnology, que genera insights, perspectivas y recomendaciones basadas en el análisis de los datos.

### **Integración con Azure Databricks**

Para una gestión y análisis más avanzado, el sistema EcoEfficiencySystem se integra con AzureDatabricks.

Si la solicitud de integración es exitosa, AzureDatabricks inicializa un espacio de trabajo dedicado. Dentro de este espacio, se crea un notebook que contiene scripts y códigos para el análisis. Además, se inicia un cluster que proporciona los recursos necesarios para ejecutar tareas intensivas.

El notebook se ejecuta, y una vez completado, se extraen datos del DataLake para futuros análisis. Si hay algún problema con la integración o ejecución en AzureDatabricks, se registra un error y se notifica al equipo técnico para su resolución.

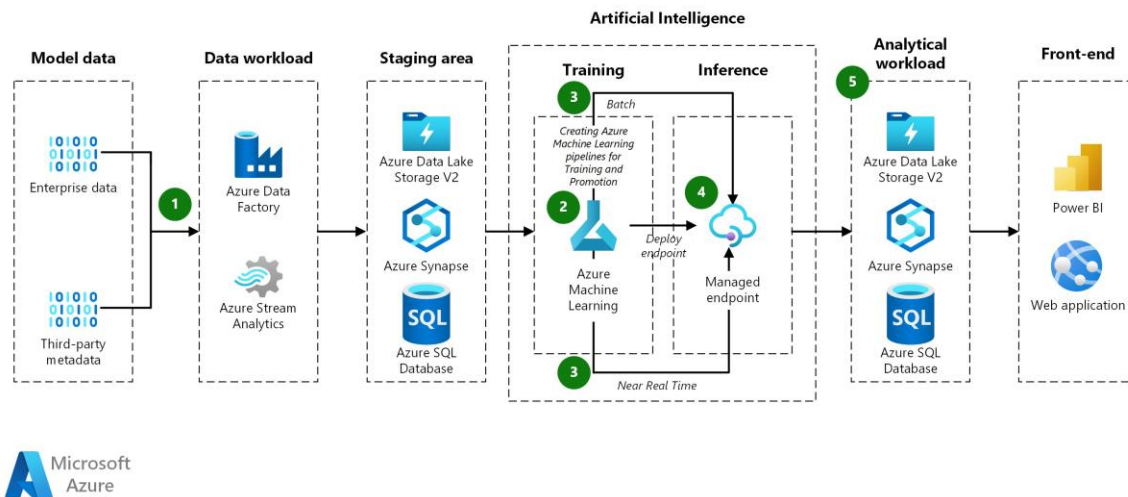
### **Finalización del Proceso**

Una vez que todos los análisis y procesamientos están completos, AzureDatabricks devuelve el espacio de trabajo, junto con los resultados y insights, al sistema EcoEfficiencySystem. El proceso concluye con la presentación de los resultados al usuario o entidad que inició el proceso.

## Vista Física

**Figura 14**

*Diagrama de Despliegue.*



*Nota.* Martinekuan. (s. f.). Arquitectura de Azure Machine Learning - Azure Architecture Center. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/eses/azure/architecture/ai-ml/idea/azure-machine-learning-solution-architecture>

**Ingesta de Datos:** Utilizando Azure Data Factory, se extraen datos de bases de datos de origen y se copian en Azure Data Lake Storage, donde se organizan como conjuntos de datos tabulares para su uso en aprendizaje automático. Este paso es crucial para garantizar que se recopilan todos los datos relevantes de los desechos y productos para su posterior análisis y procesamiento.

**Canalización de Entrenamiento de Modelos Preparación de Datos:** Los datos se extraen del almacén de datos y se transforman según sea necesario, organizándolos en lotes que servirán para el entrenamiento de diferentes modelos de Machine Learning.

**Entrenamiento de Modelos:** Se utilizan técnicas de procesamiento paralelo, como ParallelRunStep, para entrenar simultáneamente varios modelos basados en los conjuntos de

datos preparados. Tras el entrenamiento, los modelos se registran en el área de trabajo de Machine Learning junto con las métricas de desempeño evaluadas.

**Canalización de Promoción de Modelos, Evaluación de Modelos:** Antes de pasar a producción, se evalúan los modelos entrenados para asegurar que cumplen con los criterios de implementación, como alcanzar una precisión determinada en los datos de prueba.

**Registro de Modelos:** Los modelos que pasan la evaluación se registran en el área de trabajo de producción de Machine Learning, listos para su uso en escenarios de producción.

**Canalización de Puntuación por Lotes del Modelo Preparación de Datos:** Similar al proceso de entrenamiento, se preparan los datos para la puntuación por lotes, asegurando que cada archivo se transforme como es debido.

**Puntuación de Modelos:** Se utiliza de nuevo `ParallelRunStep` para puntuar varios conjuntos de datos. Se identifica el modelo más adecuado para cada lote, se descarga y se aplica para obtener las puntuaciones, que luego se transfieren de vuelta al Azure Data Lake y de allí a Synapse SQL para su uso y análisis.

**Puntuación en Tiempo Real:** Para escenarios que requieren una respuesta inmediata, Azure Kubernetes Service (AKS) permite la puntuación en tiempo real. Dado el gran número de modelos, estos se cargan a petición en lugar de estar precargados, optimizando los recursos y la eficiencia del sistema.

**Resultados Predicciones:** Las predicciones resultantes de la puntuación por lotes se almacenan en Synapse SQL.

**Métricas:** Power BI se utiliza para conectarse a Synapse SQL, recuperar las predicciones y compilar las métricas que luego se presentarán para análisis y toma de decisiones.

## Recomendaciones

Basado en el análisis realizado y los resultados obtenidos, recomendamos lo siguiente para futuras investigaciones y desarrollos en el modelo de arquitectura de software para la ecoeficiencia:

**Integración de Tecnologías Emergentes:** Continuar explorando la integración de nuevas tecnologías emergentes como IoT y Edge Computing para mejorar la recolección y procesamiento de datos en tiempo real.

**Colaboración Interdisciplinaria:** Fomentar la colaboración entre disciplinas diversas, incluyendo expertos en sostenibilidad, ingeniería de materiales y ciencias de la computación, para desarrollar soluciones más holísticas.

**Adopción de Estándares de Datos Abiertos:** Promover la utilización de estándares de datos abiertos para facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas y organizaciones.

**Enfoque en la Privacidad y Seguridad de los Datos:** Priorizar el desarrollo de mecanismos robustos para la protección de la privacidad y la seguridad de los datos, especialmente en el contexto de Big Data.

**Evaluación de Impacto Ambiental:** Incorporar métodos para la evaluación cuantitativa del impacto ambiental de las soluciones propuestas, asegurando que las mejoras en la ecoeficiencia sean medibles.

**Desarrollo de Casos de Uso Específicos:** Implementar y documentar casos de uso específicos para demostrar la efectividad del modelo en diferentes escenarios dentro del sector turístico.

**Formación y Capacitación:** Establecer programas de formación y capacitación para los usuarios finales del modelo, asegurando una adopción efectiva de la tecnología.

Estudios de Viabilidad a Largo Plazo: Realizar estudios de viabilidad a largo plazo para evaluar la sostenibilidad y escalabilidad de las soluciones propuestas.

Estas recomendaciones buscan guiar el trabajo futuro hacia la mejora continua del modelo de arquitectura de software y su contribución a la ecoeficiencia en el cierre del ciclo de materiales.

## Trabajo futuro

El desarrollo continuo del modelo de arquitectura de software presentado en este trabajo abre diversas vías para la investigación futura y la mejora de la ecoeficiencia en el cierre de ciclos de materiales. Los siguientes puntos destacan las áreas clave que se deben considerar:

**Validación Empírica del Modelo:** Realizar estudios de caso en entornos de producción real para validar la efectividad del modelo propuesto y su capacidad para integrarse con los sistemas existentes.

**Optimización de Algoritmos:** Profundizar en la optimización de algoritmos de Machine Learning para mejorar la precisión de las predicciones y la eficiencia en el procesamiento de datos grandes y complejos.

**Ampliación de la Capacidad de Análisis:** Extender las capacidades analíticas del modelo para incluir análisis predictivos y prescriptivos, aprovechando los avances en técnicas de IA.

**Automatización y Autonomía:** Incrementar el nivel de automatización y autonomía del sistema, permitiendo una mayor adaptabilidad y respuesta en tiempo real a las condiciones cambiantes.

**Interfaces de Usuario Avanzadas:** Desarrollar interfaces de usuario más intuitivas y eficientes para facilitar la interacción con el sistema y la interpretación de los resultados por parte de los usuarios finales.

**Impacto Socioeconómico:** Investigar el impacto socioeconómico del modelo, especialmente en cómo puede fomentar la creación de empleo y contribuir a la economía circular.

**Escalabilidad y Despliegue en la Nube:** Examinar las estrategias para escalar el modelo de manera efectiva en la nube, considerando los aspectos de coste, rendimiento y seguridad.

Integración de Normativas y Políticas Ambientales: Asegurar que el modelo esté alineado con las normativas y políticas ambientales vigentes y futuras, facilitando así su adopción y cumplimiento regulatorio.

El trabajo futuro debe también tener en cuenta el ritmo acelerado de la tecnología y estar preparado para adaptarse a las nuevas herramientas y metodologías que surjan, manteniendo el compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.



## Conclusiones

El presente trabajo ha introducido un modelo de arquitectura de software innovador con el objetivo de potenciar la ecoeficiencia en la gestión de materiales reutilizables y desechos. La aplicación de tecnologías punteras como la Inteligencia Artificial, Big data e Inteligencia de Negocios ha demostrado ser fundamental en este esfuerzo. Las conclusiones clave del estudio son las siguientes:

El modelo propuesto ofrece una solución tecnológicamente avanzada para enfrentar los desafíos ambientales asociados al turismo de naturaleza en Colombia, demostrando un camino viable hacia la sostenibilidad operativa y estratégica.

Se ha logrado una sinergia efectiva entre distintas disciplinas y tecnologías, lo cual ha resultado en un enfoque integrado que no solo es innovador sino también escalable y replicable en diferentes contextos.

El modelo ha mostrado una promesa significativa en la mejora de los procesos de ecoeficiencia. Sin embargo, se reconoce la necesidad de realizar ensayos empíricos más exhaustivos para establecer su validez y eficacia en entornos de producción a gran escala.

Las prácticas de desarrollo ágil y DevOps han facilitado un diseño iterativo y adaptativo del modelo, lo que sugiere una evolución continúa alineada con las últimas tendencias tecnológicas y las demandas del mercado. Se destaca la importancia de la colaboración entre stakeholders para la implementación efectiva del modelo, subrayando el papel de la comunicación y la gestión del cambio en la adopción de nuevas tecnologías.

En resumen, el modelo delineado es un salto cualitativo hacia la adopción de prácticas más sostenibles en la industria turística, con el potencial de influir positivamente en la economía circular y contribuir a los objetivos globales de desarrollo sostenible. Este trabajo establece una

base para futuras investigaciones y desarrollos y resalta la importancia de la colaboración intersectorial en la búsqueda de soluciones ecoeficientes.

### Referencias Bibliográficas

- AWS. (2023). *¿qué son los microservicios?* <https://aws.amazon.com/es/microservices/>  
(Accedido: 13-ene.-2023)
- Bass, L., Clements, P., y Kazman, R. (2012). *Software architecture in practice* (3.<sup>a</sup> ed.). Boston: Addison-Wesley.
- Bibri, S. (2018). A foundational framework for smart sustainable city development: Theoretical, disciplinary, and discursive dimensions and their synergies. *Sustainable Cities and Society*, 38, 758-794.
- Bocken, N. M. P., y cols. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308-320.
- Bocken, N. M. P., y cols. (2018). Experimenting with a circular business model: Lessons from eight cases. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 28, 79-95.
- Bondi, A. B. (2000). Characteristics of scalability and their impact on performance. En *Proceedings of the 2nd international workshop on software and performance - wosp '00* (pp. 195–203).
- Bonomi, F., y cols. (2012). Fog computing and its role in the internet of things. En *Proceedings of the first edition of the mcc workshop on mobile cloud computing* (pp. 13–16). ACM.
- Brezet, H., y van Hemel, C. (1997). *Ecodesign: A promising approach to sustainable production and consumption*. Paris: UNEP.
- Buyya, R., y cols. (2016a). *Big data: Principles and paradigms*. Elsevier.
- Buyya, R., y cols. (2016b). *Internet of things: Principles and paradigms*. Elsevier.
- Chen, H., Chiang, R., y Storey, V. (2012). Business intelligence and analytics: From Big data to Big impact. *MIS quarterly*, 36(4), 1165–1188.

- Chen, M., Sun, Q., Giovannucci, E., Mozaffarian, D., Manson, J., Willett, W., y Hu, F. (2014). Dairy consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of us adults and an updated meta-analysis. *BMC Medicine*, 12(1), 215.
- Cooper, T. (2010). *Longer lasting products: alternatives to the throwaway society*. Farnham: Gower Publishing Ltd.
- Davenport, T., y Harris, J. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business Press.
- Davenport, T., y Harris, J. (2017). *Competing on analytics: Updated, with a new introduction*. Harvard Business Review Press.
- Dean, J., y Ghemawat, S. (2008). Mapreduce: simplified data processing on large clusters. *Communications of the ACM*, 51(1), 107-113.
- Dragoni, N., y cols. (2017). Microservices: yesterday, today, and tomorrow. En *Present and ulterior software engineering* (pp. 195–216). Springer International Publishing.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., y Reijers, H. (2018). *Fundamentals of business process management*. Springer.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone Publishing Ltd.
- Elmagarmid, A., Ipeirotis, P., y Verykios, V. (2007). Duplicate record detection: A survey. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 19(1), 1-16.
- Elmasri, R., y Navathe, S. (2016a). *Fundamentals of database systems*. Pearson Education India.
- Elmasri, R., y Navathe, S. (2016b). *Fundamentos de sistemas de bases de datos*. Madrid: Pearson Educación.

- Esty, D. C., y Winston, A. S. (2009). *Green to gold: How smart companies use environmental strategy to innovate, create value, and build competitive advantage*. New Haven: Yale University Press.
- Fayyad, U., y cols. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, 17(3), 37-37.
- Ferraiolo, D., Gilbert, D., y Lynch, N. (2001). An examination of federal and commercial access control policy needs. En *Proceedings of the 14th national computer security conference* (pp. 107–116).
- Ferraiolo, D., Kuhn, D., y Chandramouli, R. (2003). *Role-based access control*. Artech House Publishers.
- Few, S. (2009). *Now you see it: Simple visualization techniques for quantitative analysis*. Analytics Press.
- Foundation, E. M. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. 2023-01-13, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
- Fowler, M. (2002). *Patterns of enterprise application architecture*. Boston: Addison-Wesley.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., y Vlissides, J. (1994). *Design patterns: Elements of reusable object-oriented software*. Boston: Addison-Wesley.
- García-Molina, H., Ullman, J., y Widom, J. (2020). *Database systems: the complete book*. Upper Saddle River: Pearson Education International.

- Ghisellini, P., Cialani, C., y Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, *114*, 11-32.
- González, J. A., y García, M. A. (2017). Ecoeficiencia y turismo de naturaleza: una propuesta metodológica para la evaluación del ciclo de vida de los servicios turísticos. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, *15*(4), 795-810.
- González-Rodríguez, M., Pérez-Rodríguez, P., y García-Rodríguez, A. (2022a). Aplicación de la inteligencia de negocios en la ecoeficiencia: una revisión sistemática. *Sustainability*, *14*(13), 6964. doi: 10.3390/su14136964
- González-Rodríguez, M., Pérez-Rodríguez, P., y García-Rodríguez, A. (2022b). Aplicación de la inteligencia de negocios en la ecoeficiencia: una revisión sistemática. *Sustainability*, *14*(13), 6964.
- González-Rodríguez, M., Pérez-Rodríguez, P., y García-Rodríguez, A. (2022c). Aplicación de la inteligencia de negocios en la ecoeficiencia: una revisión sistemática. *Sustainability*, *14*(13), 6964. doi: 10.3390/su14136964
- Graedel, T. E., y Allenby, B. R. (2010). *Industrial ecology and sustainable engineering*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Guinée, J. B., y cols. (2002). *Handbook on life cycle assessment: Operational guide to the iso standards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Halevy, A., Ives, Z., Madhavan, J., Mork, P., Suci, D., y Tatarinov, I. (2005). Enterprise information integration: successes, challenges and controversies. En *Proceedings of the 2005 acm sigmod international conference on management of data* (p. 778-787).

- Han, J., Kamber, M., y Pei, J. (2011). *Data mining: Concepts and techniques* (3.<sup>a</sup> ed.). Waltham: Morgan Kaufmann.
- Hashem, I., y cols. (2015). The rise of Big data on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47, 98-115.
- IBM. (2021). *¿qué es el cifrado? definición de cifrado de datos*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/encryption> ([Accedido: 13-abr-2023])
- ISO. (2015). *Iso 14001:2015 - environmental management systems – requirements with guidance for use*. <https://www.iso.org/standard/60857.html> (Accedido: 13-ene.-2023)
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., y Rosado, L. (2018). Circular economy – from review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 190-201.
- Kaspersky. (2021). *Cifrado de datos y cómo hacerlo*. Descargado de <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/encryption> ([Accedido: 13-abr-2023])
- Kimball, R., y Ross, M. (2013). *The data warehouse toolkit: The definitive guide to dimensional modeling* (3.<sup>a</sup> ed.). Indianapolis: Wiley.
- Kørnø, L. (2018). Big data and material cycle closure: A review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1044-1055.
- Linder, M., Sarasini, S., y van Loon, P. (2017). A metric for quantifying product-level circularity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545-558.
- Liu, Y., Liu, H., Wang, L., y Wang, S. (2023a). Big data analytics for sustainable manufacturing: A review and future research directions. *Sustainability*, 15(11), 6750. doi: 10.3390/su15116750

- Liu, Y., Liu, H., Wang, L., y Wang, S. (2023b). Big data analytics for sustainable manufacturing: A review and future research directions. *Sustainability*, 15(11), 6750.
- Liu, Z., y cols. (2017). Comprehensive development of industrial symbiosis for the response of greenhouse gases emission mitigation: challenges and opportunities in china. *Energy Policy*, 102, 88-95.
- Liu, Z., y cols. (2018). Industrial symbiosis for greenhouse gases emission mitigation: a case study of a typical industrial park in china. *Journal of Cleaner Production*, 176, 830-840.
- Malkowski, S., y cols. (2010). Cloudxplor: A tool for configuration planning in clouds based on empirical data. En *Proceedings of the 2010 acm symposium on applied computing* (pp. 391–398). ACM.
- Martínez, J., y Moreno, A. (2021). Caracterización de los materiales y productos reutilizables en el sector turístico de naturaleza en colombia. *Revista Turismo y Sociedad*, 24, 1–18.
- Medvidovic, N., y Taylor, R. N. (2000). A classification and comparison framework for software architecture description languages. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 26(1), 70-93.
- Molina, S., y Collado, J. (2022). Ecoeficiencia y economía circular en el turismo de naturaleza: Una revisión sistemática de la literatura. *Tourism Management*, 134, 104655.
- Mont, O. (2004). Institutionalisation of sustainable consumption patterns based on shared use. *Ecological Economics*, 50(1-2), 135-153.
- Newman, S. (2015). *Building microservices: Designing fine-grained systems*. O'Reilly Media.
- Olah, J. (2020). Eco-efficiency in material cycle closure: A review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119177.



- OMG. (2011). *Business process model and notation (bpmn) version 2.0*. Object Management Group.
- Porter, M. E., y van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
- Rahm, E., y Do, H. (2000). Data cleaning: Problems and current approaches. *IEEE Data Eng. Bull.*, 23(4), 3-13.
- Reyes, J., y Díaz, M. (2019). La implementación de tecnologías de reutilización en el sector turístico de naturaleza: Una perspectiva desde la teoría fundamentada. *Revista de Investigación en Ciencias Sociales*, 25(2), 1-14.
- Rizos, V., y cols. (2017). Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (smes): Barriers and enablers. *Sustainability*, 9(11), 2146.
- Russell, S. J., y Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4.<sup>a</sup> ed.). Harlow: Pearson.
- Sagioglu, S., y Sinanc, D. (2013). Big data: A review. En *2013 international conference on collaboration technologies and systems (cts)* (p. 42-47). IEEE.
- Sandhu, R., y Samarati, P. (1994). Access control: principle and practice. *IEEE Communications Magazine*, 32(9), 40-48.
- Schaltegger, S., y Wagner, M. (2006). *Managing the business case for sustainability: The integration of social, environmental and economic performance*. Sheffield: Greenleaf Publishing Ltd.
- Sharma, T., y Reddy, Y. (2023). Functional recovery in obsessive-compulsive disorder. *Journal of Psychosocial Rehabilitation and Mental Health*, 10(1), 11-13.

- Stallings, W., y Brown, L. (2012). *Computer security: principles and practice*. Pearson Education India.
- van der Aalst, W., ter Hofstede, A., Kiepuszewski, B., y Barros, A. (2003). Workflow patterns. *Distributed and Parallel Databases*, 14(1), 5-51.
- Wache, H., Vögele, T., Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Neumann, H., y Hübner, S. (2001). Ontology-based integration of information-a survey of existing approaches. En *Ijcai-01 workshop: ontologies and information sharing* (Vol. 2001, p. 108-117).
- WBCSD. (2000). *Eco-efficiency: Creating more value with less impact*. Geneva: Autor.
- Wikipedia. (2021). *Arquitectura de microservicios*.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura\\_de\\_microservicios](https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_de_microservicios) ([Accedido: 13-abr-2023])
- Williams, L., y Spangler, W. (2015). Performance and scalability of collaborative systems. En *Collaborative computing: Networking, applications and worksharing* (pp. 3–18). Springer International Publishing.
- Zhang, Y., Wang, X., y Wang, X. (2022a). Artificial intelligence for sustainable manufacturing: A review and future research directions. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 101174. doi: 10.1016/j.spc.2022.101174
- Zhang, Y., Wang, X., y Wang, X. (2022b). Artificial intelligence for sustainable manufacturing: A review and future research directions. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 101174.
- Zikopoulos, P., y Eaton, C. (2011). *Understanding Big data: Analytics for enterprise class hadoop and streaming data*. McGraw-Hill Osborne Media.