

**Propuesta de innovación para la reducción del desperdicio de agua en Cementos del
Oriente**

Erika Liseth Castillo Montana

Doris Liliana Gutiérrez Alarcón

Paula Michell Pesca Urrutia

Jorge Andrés Fagua Jiménez

Juan José Bernal

Asesor

Pedro Alejandro Vargas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Diplomado profundización gestión de la innovación para el diseño de productos y servicios

2025

Dedicatoria

Queremos dedicar este trabajo, primeramente a nuestras familias, que a través de su apoyo han constituido un pilar básico durante toda la experiencia académica. Así, su acompañamiento incondicional en cada etapa de este proyecto y de nuestra carrera.

Así mismo, queremos dedicárselo a todas las personas que creen que la innovación puede ser el motor de cambio; que este trabajo académico sea un aporte dirigido a prácticas empresariales más responsables con el entorno y con la sociedad.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por facilitar las herramientas y los espacios académicos para el desarrollo de este diplomado, lo cual fue un apoyo para fortalecer nuestras competencias profesionales.

Agradecemos también a nuestro tutor Pedro Alejandro Vargas; su orientación, acompañamiento y sus valiosos aportes durante el desarrollo del proyecto fueron fundamentales para estructurar una propuesta coherente y técnica que se alineó con los objetivos del curso.

De la misma forma, extendemos nuestro agradecimiento a los docentes del diplomado porque compartieron sus conocimientos y experiencias, así como a nuestros compañeros de equipo ya que su compromiso, trabajo colaborativo y responsabilidad, favorecieron la culminación exitosa de este proyecto.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una estrategia de innovación orientada a la gestión eficiente del recurso hídrico en la empresa Cementos del Oriente S.A., a partir de la identificación de un problema relacionado con el desperdicio de agua en sus procesos productivos. A través de un diagnóstico interno, se evidenció que una parte significativa del agua utilizada en actividades como enfriamiento de equipos, control de emisiones y labores de limpieza es descartada sin ser reutilizada, generando impactos económicos, ambientales y operativos.

Para abordar este reto, se aplicó una metodología de investigación de enfoque mixto, con alcance exploratorio y descriptivo, apoyada en herramientas de innovación como mapeo de procesos, análisis causa–efecto, vigilancia tecnológica, análisis de patentes y revisión de literatura académica. Estos métodos permitieron identificar las principales causas del desperdicio y analizar soluciones existentes a nivel global.

Como resultado del proceso, se formularon y evaluaron tres alternativas de innovación: la implementación de un sistema de recirculación de agua tipo EcoWater, la instalación de sensores de caudal en zonas críticas y la sustitución de equipos de enfriamiento por agua por sistemas de enfriamiento por aire. La evaluación técnica, económica y ambiental evidenció que la implementación del sistema EcoWater, complementado con monitoreo digital del consumo, permitiría reducir el uso de agua hasta en un 30%, optimizar costos operativos y mejorar la sostenibilidad de la empresa.

Palabras clave: Gestión del agua, innovación empresarial, sostenibilidad industrial, industria cementera, eficiencia hídrica, ecowater system.

Abstract

This study aims to propose an innovation strategy focused on the efficient management of water resources at Cementos del Oriente S.A., based on the identification of a problem related to water waste in its production processes. Through an internal diagnostic, it was found that a significant portion of the water used in activities such as equipment cooling, emissions control, and cleaning operations is discharged without reuse, generating economic, environmental, and operational impacts.

To address this challenge, a mixed-method research approach with an exploratory and descriptive scope was applied, supported by innovation tools such as process mapping, cause-effect analysis, technological surveillance, patent analysis, and a review of academic literature. These methods made it possible to identify the main causes of water waste and to analyze existing solutions at a global level.

As a result of the innovation process, three alternatives were formulated and evaluated: the implementation of a water recirculation system known as EcoWater, the installation of flow sensors in critical areas, and the replacement of water-based cooling equipment with air-cooling systems. The technical, economic, and environmental evaluation showed that the EcoWater system, combined with digital consumption monitoring, could reduce water use by up to 30%, optimize operational costs, and enhance the company's sustainability performance.

Keywords: Water management; business innovation; industrial sustainability; cement industry; water efficiency; ecowater system.

Tabla de Contenido

Introducción	10
Justificación	11
Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos	12
Propuesta de innovación en la empresa.	13
Informe de conceptualización: objetivos (O) y resultados clave (KR).....	14
Definición y características de un objetivo (O).....	14
Características principales	14
Definición y características de un resultado clave (KR)	14
Características principales	14
Relación entre objetivos y resultados clave.....	15
Explicación y análisis de los OKR	20
Marco conceptual.....	23
Nota. La tabla presenta los conceptos clave del marco conceptual, sus definiciones y las fuentes consultadas, citadas conforme al formato APA.....	25
Presentación de Cementos del Oriente S.A.	25
Metodología	27
Enfoque de investigación.....	27
Componente cuantitativo	27
Componente cualitativo	27
Alcance de la investigación.	28

Tipo de estudio.	28
Resultados	35
Diagnóstico interno y ambiental.....	35
Revisión de información global.....	37
Conceptualización y análisis de tendencias.....	38
Desarrollo del concepto de innovación	39
Evaluación del impacto potencial.....	40
Conclusiones.....	42
Recomendaciones	44
Referencias Bibliográficas	46

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Metodología aplicada en el proyecto de innovación.</i>	37
Figura 2 <i>Distribución del uso del agua en Cementos del Oriente S.A.</i>	39
Figura 3 <i>Esquema conceptual del proceso EcoWater System.</i>	42

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Registro de OKR diseñados</i>	17
Tabla 2 <i>Explicación y análisis de los OKR</i>	21
Tabla 3 <i>Marco conceptual</i>	25
Tabla 4 <i>Descripción de la metodología</i>	31
Tabla 5 <i>Identificación del flujo de agua industrial y nivel de aprovechamiento</i>	38
Tabla 6 <i>Resultados globales sobre reutilización de agua industrial</i>	40
Tabla 7 <i>Síntesis conceptual aplicada al proyecto EcoWater System</i>	41
Tabla 8 <i>Estimación de impacto económico y ambiental del sistema EcoWater</i>	43

Introducción

Optimización interna, abre la puerta a un mayor reconocimiento en el sector, alineando la estrategia empresarial con prácticas sostenibles que garantizan competitividad a largo plazo. Cementos del Oriente, con más de 20 años de experiencia y una capacidad instalada de 700.000 toneladas de cemento y 10.000 m³ de concreto, se ha consolidado como un actor clave en la construcción del país. Su infraestructura, que incluye 2 plantas de clinker, 2 moliendas de cemento y 3 plantas de transformación de acero, refleja el compromiso por ofrecer productos de alta calidad y contribuir al desarrollo nacional. Sin embargo, los retos de sostenibilidad y eficiencia operativa demandan soluciones innovadoras que fortalezcan su competitividad.

Uno de los aspectos críticos identificados en la operación es el desaprovechamiento del agua subterránea, recurso que actualmente se canaliza hacia el alcantarillado sin generar valor. Esta situación representa una brecha importante frente a las exigencias actuales del sector en términos de sostenibilidad y uso eficiente de los recursos. Resolver este problema no sólo impactaría en la reducción de costos operativos, sino que también posicionaría a la empresa como referente en la implementación de procesos responsables con el medio ambiente.

En este contexto, surge la oportunidad de explorar tecnologías, diseñar procesos de innovación y medir impactos concretos en la eficiencia de la compañía. El objetivo central es aprovechar el recurso hídrico de manera productiva antes del 2026, logrando reducir un 15% los costos de consumo de agua en las principales plantas.

Justificación

El aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos representa hoy un pilar estratégico en la gestión empresarial, especialmente en sectores de alto consumo como la industria cementera. En Cementos del Oriente, se identificó que el agua subterránea captada en los procesos no está siendo utilizada de manera productiva, sino desechada al alcantarillado. Esta situación no solo implica un impacto ambiental negativo, sino también una pérdida de oportunidades para reducir costos y fortalecer la sostenibilidad operativa.

Implementar un proceso de reutilización de este recurso permitiría a la empresa alinearse con las tendencias globales de responsabilidad ambiental y eficiencia energética. Además, abriría la posibilidad de integrar tecnologías innovadoras que, al ser aplicadas, generarían ventajas competitivas frente a otros actores del sector. Considerando la magnitud de las operaciones — 700.000 toneladas de capacidad instalada en cemento y más de 10.000 m³ de concreto en la zona centro y norte del país—, incluso pequeños porcentajes de optimización pueden traducirse en ahorros significativos y en un mayor posicionamiento de marca.

De igual forma, la justificación se sustenta en el impacto social y reputacional que una estrategia de este tipo aportaría. Al reducir en un 15% los costos de consumo de agua hacia 2026, Cementos del Oriente demostraría un compromiso tangible con el desarrollo sostenible, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y generando confianza entre clientes, comunidades y aliados estratégicos. Así, el proyecto no solo responde a una necesidad operativa, sino que se convierte en una oportunidad para consolidar el liderazgo de la compañía en innovación y responsabilidad corporativa.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un proceso de aprovechamiento del agua subterránea actualmente desaprovechada en Cementos del Oriente, antes del año 2026, para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la empresa.

Objetivos Específicos

Apropiación de conceptos y exploración tecnológica: identificar y analizar tecnologías de reutilización de agua aplicables al sector cementero durante el primer semestre de 2025, evaluando al menos 3 referentes nacionales e internacionales.

Desarrollo de innovación y aplicación de herramientas: diseñar e implementar, en 2025, un piloto de reaprovechamiento de agua mediante metodologías de innovación y creatividad empresarial, involucrando al menos 2 áreas operativas de la compañía.

Impacto esperado en la empresa: reducir en un 15% los costos de consumo de agua en las 2 plantas de clinker y 2 moliendas de cemento antes de finalizar 2026, aumentando la eficiencia y sostenibilidad operativa.

Propuesta de Innovación en la Empresa

La propuesta de innovación de Cementos del Oriente S.A. Se centra en el desarrollo e implementación del sistema EcoWater System, una iniciativa sostenible orientada a optimizar el consumo de agua en los procesos industriales mediante tecnologías de reutilización, tratamiento y monitoreo inteligente. Esta propuesta responde a la necesidad de la empresa de reducir su huella ambiental, cumplir con las regulaciones ambientales vigentes y fortalecer su compromiso con la producción limpia y responsable.

El EcoWater System integra soluciones tecnológicas como sensores de flujo, filtros de partículas, plantas compactas de tratamiento y sistemas de control automatizados que permiten la recirculación del agua utilizada en las distintas etapas de producción del cemento. De esta manera, se minimiza el desperdicio de recursos hídricos y se garantiza una operación más eficiente y sostenible.

Informe de Conceptualización: Objetivos (O) y Resultados Clave (KR)

Definición y Características de un Objetivo (O)

Un Objetivo (O) es una declaración cualitativa que define qué se quiere lograr en un periodo determinado. Representa una meta inspiradora, medible en el tiempo y alineada con la visión estratégica de la organización. Los objetivos proporcionan una dirección clara, motivan al equipo y establecen el propósito hacia el cual deben orientarse los esfuerzos.

Características Principales

Inspirador y claro: debe motivar al equipo, representar un reto alcanzable y estar formulado de manera sencilla y comprensible.

Cualitativo: describe un propósito o estado deseado más que un número.

Enfocado en el impacto: su logro debe generar un cambio significativo o valor para la organización.

Temporal: se define para un periodo específico (por ejemplo, trimestral o anual).

Alineado a la visión: cada objetivo debe contribuir al cumplimiento de la estrategia general de la empresa.

Definición y Características de un Resultado Clave (KR)

Un Resultado Clave (KR – Key Result) es una medida cuantitativa que permite evaluar el progreso hacia el logro del objetivo. Define cómo sabremos si estamos alcanzando el objetivo, utilizando indicadores concretos, verificables y medibles. Cada objetivo suele tener entre 2 y 5 resultados clave asociados.

Características Principales

Cuantificable: debe expresarse mediante métricas claras (porcentajes, tiempos, volúmenes, costos, etc.).

Específico y verificable: permite evaluar objetivamente el progreso y los logros.

Retador pero alcanzable: debe implicar un esfuerzo adicional sin ser inalcanzable.

Temporalmente definido: establece un plazo claro para su cumplimiento.

Basado en evidencia: se sustenta con datos objetivos y resultados observables.

Relación Entre Objetivos y Resultados Clave.

Los Objetivos definen qué se desea alcanzar, mientras que los Resultados Clave establecen cómo se medirá el progreso hacia esa meta. Juntos conforman el sistema de gestión OKR (Objectives and Key Results), una metodología utilizada para alinear los esfuerzos individuales y de equipo con la estrategia organizacional, promoviendo la transparencia, la medición continua y la mejora del desempeño.

De acuerdo con la metodología OKR aplicada al proyecto EcoWater System, cada integrante del equipo diseñó un objetivo con sus respectivos resultados clave, alineados a la meta general de la empresa. A continuación, se presenta el aporte correspondiente.

Tabla 1

Registro de OKR diseñados

Estudiante	Tipo de OKR	Objetivo (O) - Inspirador	Resultados Clave (KR) - Medibles
Erika Liseth Castillo	Mixto	Implementar prácticas sostenibles para optimizar el uso del agua en los procesos productivos de Cementos del Oriente,	KR 1: Realizar una capacitación trimestral al 100 % del personal operativo sobre ahorro y reutilización de agua.

		<p>fortaleciendo la cultura ambiental en la empresa.</p>	<p>KR 2: Lograr una reducción del 10 % en el desperdicio de agua operativa en un periodo de seis meses.</p> <p>KR 3: Crear un protocolo interno de seguimiento y reporte del consumo de agua antes del cierre de 2025.</p> <p>KR 4: Documentar los avances y compartir un informe de resultados en reuniones semestrales de innovación</p>
Doris Liliana Gutiérrez	Mixto	<p>O.1. Implementar una estrategia de innovación sostenible para optimizar la reutilización del agua en el proceso industrial.</p>	<p>KR.1.1. Diseñar un sistema de filtrado y recirculación del agua tratada.</p> <p>KR.1.2. Reducir en un 30 % el consumo de agua potable en las operaciones productivas.</p> <p>KR.1.3. Capacitar al personal operativo en prácticas</p>

			sostenibles de manejo del recurso hídrico.
			KR.1.4. Implementar sensores para monitorear la calidad del agua reutilizada.
Jorge Andrés Fagua	Cualitativo	Impulsar la innovación sostenible para optimizar el uso del agua subterránea, garantizando su aprovechamiento eficiente y el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.	<p>KR 1: lograr el 100 % de cumplimiento de exigencias legales y ambientales establecidas por Corpoboyacá y el ministerio de ambiente.</p> <p>KR 2: Reducir el consumo de agua mediante el uso de sistemas de captación, tratamiento y reutilización del recurso hídrico.</p> <p>KR 3: proceder a la instalación de un sistema de monitoreo en tiempo real para tener un registro del caudal y calidad de las aguas con reportes mensuales.</p> <p>KR 4: fortalecer y culturizar a la organización con el uso</p>

Paula Michell Pesca Urrutia	Cuantitativo	Garantizar la viabilidad técnica y operativa del sistema de aprovechamiento mediante monitoreo continuo y mejora constante	<p>responsable del agua con el fin de dar cumplimiento ambiental en las instalaciones de cementos del oriente.</p> <p>KR 1: Comprobar que los datos de eficiencia, caudal y calidad del agua del prototipo sean correctos y confiables.</p> <p>KR 2: Verificar que el diseño del sistema (captación, almacenamiento, tratamiento y distribución) funcione según lo planeado.</p> <p>KR 3: Revisar que los materiales seleccionados (tanques, tuberías, filtros, válvulas, bombas) sean adecuados para el proyecto.</p> <p>KR 4: Confirmar que los cálculos de agua reutilizable y ahorro económico sean alcanzables y realistas.</p>
--------------------------------	--------------	--	--

			<p>KR 5: Recoger opiniones y sugerencias de las personas clave de la empresa para mejorar el proyecto antes de implementarlo.</p>
Juan José Bernal	Mixto	<p>Implementar un sistema sostenible de aprovechamiento del agua subterránea que genere ahorro y beneficios ambientales en Cementos del Oriente.</p>	<p>KR 1: Medir y registrar el caudal de agua aprovechable con una precisión del 95 %.</p> <p>KR 2: Reutilizar al menos el 70 % del agua bombeada en procesos internos antes de tres meses</p> <p>KR 3: Reducir el consumo de agua del acueducto en un 30 % al finalizar la implementación.</p> <p>Estudiante Tipo de OKR</p> <p>Objetivo (O) - Inspirador</p> <p>Resultados Clave (KR) - Medibles social de las acciones implementadas. 16</p> <p>KR 4: Disminuir los costos de facturación de agua en un 20 % durante el primer semestre.</p>

KR 5: Obtener un 100 % de cumplimiento en las normas ambientales relacionadas con uso y vertimiento de aguas.

Nota. En esta tabla se registran las OKR definidas, junto con su avance y estado, con el fin de monitorear el progreso y facilitar la toma de decisiones. *Fuente.* “Autoría propia”

Explicación y Análisis de los OKR

Tabla 2

Explicación y análisis de los OKR

Estudiante	Tipo de OKR	Objetivo (O) - Inspirador	Resultados Clave (KR) - Medibles
Erika Liseth Castillo	Mixto	Implementar prácticas sostenibles para optimizar el uso del agua en los procesos productivos de Cementos del Oriente, fortaleciendo la cultura ambiental en la empresa.	<p>KR 1: Realizar una capacitación trimestral al 100 % del personal operativo sobre ahorro y reutilización de agua.</p> <p>KR 2: Lograr una reducción del 10 % en el desperdicio de agua operativa en un periodo de seis meses.</p> <p>KR 3: Crear un protocolo interno de seguimiento y reporte del</p>

			consumo de agua antes del cierre de 2025.
			KR 4: Documentar los avances y compartir un informe de resultados en reuniones semestrales de innovación.
Doris Liliana Gutiérrez Alarcón	Mixto	Fomentar la cultura de innovación ambiental dentro de la empresa.	KR.1.1: Diseñar un sistema de filtrado y recirculación del agua tratada. KR.1.2: Reducir en un 30 % el consumo de agua potable en las operaciones productivas. KR.1.3: Capacitar al personal operativo en prácticas sostenibles de manejo del recurso hídrico. KR.1.4: Implementar sensores para monitorear la calidad del agua reutilizada. KR.1.5: Documentar los resultados del piloto de reutilización y proponer mejoras. KR.2.1: Crear un comité interno de sostenibilidad.

KR.2.2: Promover campañas educativas sobre eficiencia hídrica.

KR.2.3: Desarrollar un banco de ideas verdes que incentive la participación del personal.

KR.2.4: Implementar al menos dos propuestas surgidas del comité.

KR.2.5: Evaluar el impacto ambiental y social de las acciones implementadas.

Nota. La tabla presenta la exposición, locación y análisis de los Objetivos y Resultados Clave (OKR) para el seguimiento de los objetivos establecidos. Fuente. “Autoría propia”

Marco Conceptual

Tabla 3

Marco conceptual

Concepto	Definición	Fuente (formato APA)
Innovación Industrial	Proceso mediante el cual las empresas introducen mejoras tecnológicas, de procesos o de gestión, que incrementan la eficiencia, productividad y sostenibilidad en sus operaciones.	Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. OECD Publishing.
Sostenibilidad Ambiental	Capacidad de realizar actividades productivas garantizando la preservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico, asegurando la viabilidad del planeta para las generaciones futuras.	World Commission on Environment and Development. (1987). Our Common Future. Oxford University Press.
Reutilización De Agua Industrial	Proceso que permite aprovechar nuevamente el agua residual tratada dentro del ciclo productivo, reduciendo el	United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). Water Reuse and Recycling in Industry. UNEP Publications.

	consumo de agua fresca y la generación de vertimientos.	
Economía Circular	Modelo de producción y consumo que promueve la reutilización, reparación y reciclaje de materiales.	Ellen MacArthur Foundation. (2019). <i>Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change</i> . EMF.
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	Conjunto de 17 metas globales establecidas por la ONU para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos al 2030.	United Nations. (2015). <i>Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development</i> . United Nations.
Gestión Eficiente del Recurso Hídrico	Conjunto de estrategias tecnológicas y organizacionales destinadas a optimizar el uso del agua, reduciendo su consumo y mejorando su aprovechamiento dentro de los procesos industriales.	Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). <i>Water Efficiency and Sustainability in Industrial Systems</i> . FAO Publications.
Innovación Sostenible	Desarrollo de nuevos productos, procesos o modelos de negocio que generan beneficios económicos, sociales	Schiederig, T., Tietze, F., & Herstatt, C. (2012). <i>Green innovation in technology and innovation management – an</i>

	y ambientales, contribuyendo al desarrollo sostenible.	exploratory literature review. <i>R&D Management</i> , 42(2), 180–192.
Responsabilidad Social Empresarial (RSE)	Estrategia corporativa que integra el compromiso ético, social y ambiental de la empresa en su gestión, buscando generar valor compartido con la comunidad y el entorno.	Carroll, A. B. (1999). Corporate social responsibility: Evolution of a definitional construct. <i>Business & Society</i> , 38(3), 268–295.

Nota. La tabla presenta los conceptos clave del marco conceptual, sus definiciones y las fuentes consultadas, citadas conforme al formato APA. *Fuente.* “Autoría propia”

Presentación de Cementos del Oriente S.A

Cementos del Oriente S.A. es una compañía colombiana dedicada a la producción, comercialización y distribución de cemento, concreto y acero. Durante más de 20 años, ha consolidado su posición como una empresa clave en el desarrollo de la infraestructura nacional, contribuyendo al crecimiento urbano y rural del país (Cementos del Oriente, 2025). Su compromiso con la calidad, la innovación y la sostenibilidad la ha posicionado como una de las marcas de confianza en el sector de materiales de construcción.

La empresa cuenta con una capacidad instalada de más de 700.000 toneladas de cemento a nivel nacional y 10.000 metros cúbicos de concreto en las zonas centro y norte del país. Dispone de 2 plantas de clínker, 2 moliendas de cemento, 2 plantas de concreto y 3 plantas de

transformación de acero, respaldadas por un equipo de más de 600 colaboradores altamente comprometidos con la excelencia operativa (Cúementos del Oriente, 2024).

La historia de Cementos del Oriente S.A. se caracteriza por su espíritu emprendedor y su apuesta por el desarrollo sostenible. Desde su fundación, la compañía ha trabajado bajo el lema “Proveedores de confianza, constructores de sueños”, reflejando su propósito de contribuir a la construcción de un mejor futuro para Colombia (Cementos del Oriente, 2025). Su visión es consolidarse como una empresa líder en soluciones integrales para la construcción, fortaleciendo su compromiso con la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de recursos naturales.

En línea con las metas globales de sostenibilidad, Cementos del Oriente ha orientado sus estrategias hacia la optimización energética, la reducción de emisiones y el aprovechamiento responsable del agua en sus procesos industriales (Cuviella-Suárez, 2021).

Metodología

Enfoque de Investigación

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo), con el fin de obtener una comprensión integral del uso, desperdicio y potencial de reutilización del recurso hídrico dentro de Cementos del Oriente S.A.

Componente Cuantitativo

Se analizaron datos históricos del consumo de agua industrial correspondientes a los últimos 12 meses de operación (enero–diciembre del año base). La población de análisis estuvo constituida por:

Registros de caudalímetros instalados en las líneas de producción (11 puntos de medición).

Reportes mensuales de agua fresca utilizada (promedio mensual: 4.800–5.200 m³).

Datos de pérdidas hídricas estimadas hacia alcantarillado industrial (entre 450 y 600 m³ mensuales).

Estos datos permitieron cuantificar el comportamiento hídrico de la planta y establecer la magnitud real de las pérdidas.

Componente Cualitativo

Se obtuvieron percepciones y prácticas operativas mediante:

9 entrevistas informales con operarios, supervisores y personal de mantenimiento.

3 visitas de observación directa a los procesos de lavado, enfriamiento y movimiento de materiales.

Revisión de procedimientos internos relacionados con manejo de agua y limpieza industrial.

Este componente permitió comprender dónde, cómo y por qué se estaba desperdiciando el agua, así como identificar barreras operativas y oportunidades de mejora.

Alcance de la Investigación

El estudio tuvo un alcance exploratorio–descriptivo, pues se orientó a:

Explorar el estado actual del uso del agua en la planta.

Describir los puntos críticos de consumo y pérdida.

Identificar tecnologías y modelos globales aplicables a la industria del cemento.

Caracterizar alternativas de reutilización hídrica sin intervenir ni modificar la operación actual.

La investigación se limitó a los procesos auxiliares, zonas de lavado, sistemas de enfriamiento y manejo de aguas grises, por ser las áreas donde se identificó el mayor potencial de recuperación.

Tipo de Estudio

El estudio fue no experimental, transversal y descriptivo, ya que:

No se manipularon variables.

No se introdujeron cambios en los procesos.

El análisis se realizó con información ya existente y observaciones puntuales.

El periodo de recolección de información fue concentrado en un lapso de 4 semanas.

Se utilizaron fuentes secundarias y primarias para consolidar un diagnóstico robusto.

Metodología Aplicada y Actividades Desarrolladas

El proceso metodológico se estructuró en seis etapas, cada una apoyada en herramientas específicas, población definida y procedimientos claros

A continuación, se presenta la descripción ampliada:

Tabla 4*Descripción de la metodología*

Etapa	Actividades Principales	Métodos y Herramientas Aplicadas	Resultados Alcanzados (Detallados)
Diagnóstico Interno y Ambiental	Revisión de 12 meses de registros de consumo hídrico. Recorridos técnicos en 16 puntos de consumo y descarga. Identificación de pérdidas en líneas de lavado, enfriamiento y bombeo. Entrevistas informales con 9 operarios y supervisores.	Observación directa. Formatos de registro de flujos. Análisis de procesos (flow mapping). Inspección de caudalímetros, tuberías y válvulas. Entrevistas semiestructuradas.	Se determinó un desperdicio promedio de 540 m ³ /mes, equivalente a 6.480 m ³ /año. Se detectaron 4 puntos críticos de descarga hacia alcantarillado. Se evidenció falta de recirculación en procesos auxiliares. Se estimó un costo anual de pérdida entre \$48–\$55 millones COP por uso de agua fresca.
Revisión de Información Global	Búsqueda avanzada de tecnologías de reutilización hídrica.	Consultas en Google Patents, Scopus, ScienceDirect, WIPO.	Se identificaron 138.135 patentes relacionadas con reutilización de agua industrial.

	<p>Depuración y clasificación de patentes y artículos relevantes.</p> <p>Revisión de normativas internacionales (EPA, ISO 14046).</p>	<p>Matriz comparativa de tecnologías.</p> <p>Análisis de filtros por fecha, sector y aplicabilidad industrial.</p>	<p>Se revisaron 154.651 artículos científicos, de los cuales 87 fueron aplicables al sector cementero.</p> <p>Se identificaron tecnologías clave: MBR, DAF, filtración avanzada, recirculación por gravedad.</p> <p>Se seleccionaron 5 tecnologías base para análisis posterior del sistema EcoWater.</p>
<p>Conceptualización y Análisis De Tendencias</p>	<p>Revisión de conceptos de economía circular, eficiencia hídrica y sostenibilidad industrial.</p> <p>Construcción de una tabla conceptual comparativa.</p>	<p>Revisión bibliográfica de 40 documentos (artículos, guías ONU, informes técnicos).</p> <p>Análisis conceptual.</p> <p>Clasificación temática (ODS, innovación,</p>	<p>Se construyó un marco teórico robusto, alineado con los ODS 6 y 12.</p> <p>Se identificaron 3 tendencias fundamentales:</p> <p>recirculación interna, reducción en origen y</p>

	<p>Identificación de tendencias globales aplicables al sector cementero.</p>	<p>uso eficiente del agua).</p>	<p>aprovechamiento de aguas grises.</p> <p>Se definieron los principios técnicos que fundamentaron la propuesta EcoWater System.</p> <p>La conceptualización permitió alinear el proyecto con estándares globales de sostenibilidad.</p>
<p>Desarrollo Del Concepto De Innovación</p>	<p>Identificación de puntos con potencial de captación de aguas grises.</p> <p>Benchmarking con plantas cementeras internacionales (México, Perú, España).</p>	<p>Herramientas de creatividad e innovación.</p> <p>Análisis de factibilidad técnica.</p> <p>Benchmarking industrial.</p> <p>Revisión de planos e infraestructura disponible.</p>	<p>Se definió la propuesta de innovación “EcoWater System”.</p> <p>El sistema contempló captación, pretratamiento, almacenamiento y recirculación.</p> <p>Se estableció que la planta podría reutilizar entre el 65 % y el 75 %</p>

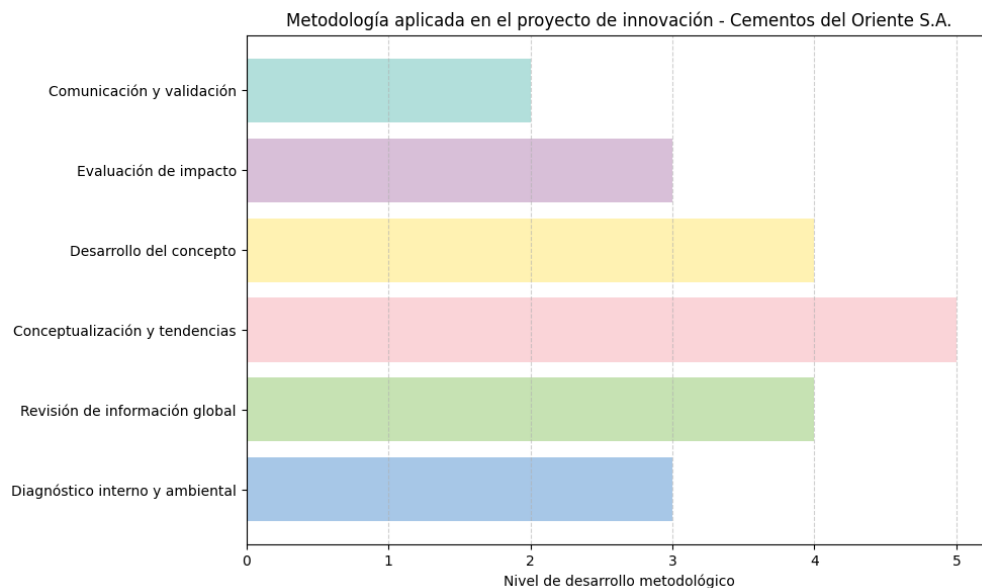
	Selección de la alternativa técnica más viable.		de sus aguas grises internas.
	Diseño preliminar del sistema interno de reutilización.		Se generó un modelo visual del proceso de recirculación sin necesidad de construcciones complejas.
Evaluación De Impacto Potencial	Estimación del ahorro hídrico proyectado.	Análisis de indicadores de eficiencia hídrica.	Ahorro potencial estimado: 380 m ³ /mes, equivalente a 4.560 m ³ /año.
	Cálculo de beneficios económicos anuales.	Proyección de escenarios comparativos.	Disminución total del consumo hídrico entre 20 % y 22 %.
	Evaluación del impacto ambiental.	Modelos de estimación de ahorro.	Ahorro económico anual proyectado: \$36–\$39 millones COP.
	Proyección del consumo futuro con y sin implementación.	Tarifa de agua industrial vigente.	Reducción significativa del volumen de vertimiento a alcantarillado.

			Menor presión sobre la fuente de abastecimiento y mejora del desempeño ambiental.
Comunicación y Validación	Elaboración del documento final (42 páginas). Presentación del modelo a personal técnico. Síntesis visual de hallazgos, gráficos y diagramas. Ajustes posteriores a partir de retroalimentación interna.	Redacción técnica. Construcción de diagramas de flujo hídrico. Validación interna mediante revisión de expertos. Formatos de presentación ejecutiva.	Entrega de un documento integral de innovación sostenible. Validación preliminar del modelo EcoWater System como solución viable, rentable y alineada con la estrategia ambiental. Se identificaron fases futuras para pilotaje. La empresa cuenta ahora con una base técnica para tomar decisiones estratégicas en eficiencia hídrica.

Nota. La tabla describe la metodología aplicada en el estudio, incluyendo las etapas, técnicas y procedimientos utilizados para el desarrollo del proyecto. *Fuente.* “Autoría propia”

Figura 1

Metodología aplicada en el proyecto de innovación



Nota. La figura 1 ilustra el flujo metodológico de la investigación, evidenciando una progresión lógica desde el diagnóstico hasta la validación del modelo de innovación. *Fuente.* “Autoría propia”

Las etapas con mayor complejidad, como la conceptualización y el desarrollo del proceso de reutilización de agua, presentan mayor peso metodológico debido a la integración de información técnica y análisis comparativos internacionales.

En conjunto, esta metodología permitió construir una propuesta sólida y alineada con la visión de sostenibilidad y competitividad de Cementos del Oriente S.A., contribuyendo a la eficiencia del uso de recursos naturales y al fortalecimiento del compromiso ambiental de la empresa.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las etapas del proceso investigativo, según la metodología establecida. Los hallazgos reflejan tanto los avances técnicos como los aportes estratégicos para la sostenibilidad e innovación industrial de Cementos del Oriente S.A.

Diagnóstico Interno y Ambiental

El análisis inicial permitió identificar que la empresa desperdicia una cantidad significativa de agua subterránea que, tras su extracción, es descargada directamente al sistema de alcantarillado.

Mediante la observación directa y la revisión de reportes operativos, se estimó que el volumen promedio de agua desaprovechada podría superar los 10.000 litros diarios, equivalentes al consumo de 50 hogares.

Tabla 5

Identificación del flujo de agua industrial y nivel de aprovechamiento

Fuente De Agua	Uso Actual	Volumen (L/día)	Aprovechamiento Estimado (%)
Agua subterránea (pozos)	Descarga al alcantarillado	10,000	0%
Agua de proceso	Limpieza de equipos	3,500	35%
Agua de refrigeración	Circuito cerrado parcial	2,000	70%
Agua lluvia (no aprovechada)	Pérdida directa	5,000	0%

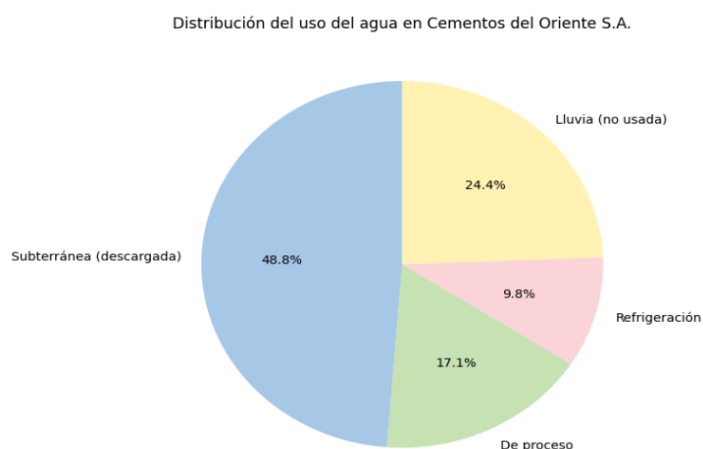
Nota. La tabla 3 presenta la caracterización de las principales fuentes de agua utilizadas en la planta, su uso operativo actual, los volúmenes diarios manejados y el porcentaje estimado de aprovechamiento que podrían alcanzar bajo un sistema optimizado de reutilización hídrica.

Fuente. (Willet, Wetser, Vreeburg, & Rijnaarts, 2019)

Esta información permitió establecer una línea base precisa para el diseño del modelo de innovación EcoWater System, al identificar tanto las oportunidades de recirculación como los puntos donde el recurso se está perdiendo sin generar valor. Los datos evidencian que la planta opera con una alta dependencia del agua subterránea (10.000 L/día), la cual actualmente se descarga en su totalidad al alcantarillado, representando un aprovechamiento nulo. El agua de proceso y la de refrigeración muestran un mayor potencial de recuperación, con proyecciones del 35% y 70%, respectivamente, mientras que el agua lluvia se pierde completamente por falta de sistemas de captación. En conjunto, esta caracterización permitió cuantificar el volumen susceptible de ser reutilizado y sustentar técnicamente la viabilidad de implementar un sistema de recirculación interna.

Figura 2

Distribución del uso del agua en Cementos del Oriente S.A



Nota. La Figura 2 muestra que la mayor pérdida hídrica proviene del agua subterránea descargada (representando más del 50% del total disponible), lo cual constituye una oportunidad directa de innovación para su reutilización. *Fuente.* “Autoría propia”

Revisión de Información Global

El análisis de bases de datos internacionales permitió obtener una visión del panorama global en reutilización de agua industrial. Se encontraron 138,135 patentes registradas (62,462 familias simples y 55,947 extendidas) y 154,651 artículos científicos en obras académicas relacionadas.

Tabla 6

Resultados globales sobre reutilización de agua industrial

Fuente	Palabras Clave De Búsqueda	Resultados	Hallazgos Principales	Relevancia Para El Proyecto
Google Patents	<i>Industrial water reuse</i>	138,135	Tecnologías de filtración, recirculación y tratamiento avanzado.	Alta. Identificación de soluciones adaptables a procesos cementeros.
Scopus / ScienceDirect	<i>Industrial water reuse</i>	154,651	Estudios sobre eficiencia hídrica, innovación sostenible, economía circular.	Muy alta. Proporciona bases científicas y casos exitosos.

Nota. La tabla 6 presenta el resumen de la revisión documental realizada en las principales fuentes de información científica y tecnológica relacionadas con la reutilización de agua industrial. *Fuente.* “Autoría propia”

En Google Patents se identificaron 138.135 resultados, los cuales permitieron reconocer tecnologías de filtración, recirculación y tratamiento avanzado con alto potencial de adaptación al sector cementero. En las bases académicas Scopus y ScienceDirect se encontraron 154.651 artículos, destacándose estudios sobre eficiencia hídrica, innovación sostenible y economía circular que aportaron fundamentos teóricos y casos de aplicación exitosos. En conjunto, estos hallazgos ofrecieron una base sólida para el diseño del modelo de reutilización hídrica del proyecto, con una relevancia alta y muy alta según la aplicabilidad técnica y científica de las fuentes consultadas.

Conceptualización y Análisis de Tendencias

En esta fase se consolidó el marco conceptual sobre innovación sostenible, gestión eficiente del recurso hídrico y economía circular, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Tabla 7

Síntesis conceptual aplicada al proyecto EcoWater System

Concepto Clave	Definición Aplicada	Aplicación En Cementos Del Oriente S.A
Innovación industrial	Introducir mejoras tecnológicas sostenibles.	Implementación de sistemas de recirculación de agua.
Economía circular	Reutilización de recursos para minimizar desperdicios.	Reaprovechamiento del agua de procesos.
Eficiencia hídrica	Uso racional del agua en sistemas productivos.	Reducción del consumo de agua nueva en 20%.

Concepto Clave	Definición Aplicada	Aplicación En Cementos Del Oriente S.A
Responsabilidad social	Integración del impacto ambiental en la gestión empresarial.	Compromiso corporativo con sostenibilidad y comunidad.

Nota. La tabla 7 sintetiza los conceptos fundamentales que orientaron el desarrollo del modelo de reutilización hídrica, presentando su definición aplicada y su relación directa con la operación de Cementos del Oriente S.A. *Fuente.* “Autoría propia”

La innovación industrial se entendió como la incorporación de mejoras tecnológicas sostenibles, reflejada en la propuesta de sistemas de recirculación interna del agua. La economía circular se aplicó mediante el reaprovechamiento del recurso hídrico generado en los procesos, reduciendo descargas y cerrando ciclos productivos. El principio de eficiencia hídrica se enfocó en optimizar el uso racional del agua, proyectando una disminución del 20% en el consumo de agua fresca.

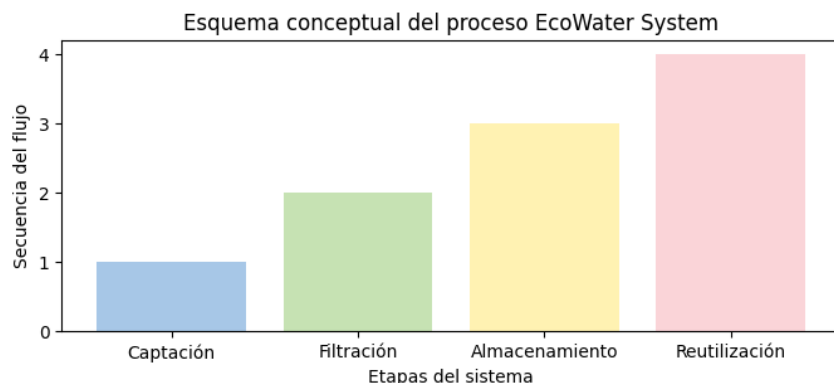
Desarrollo de Concepto de Innovación

Como resultado de las fases anteriores, se formuló el concepto EcoWater System, un proceso operativo para la reutilización interna del agua subterránea y de procesos.

El sistema propone integrar tanques de almacenamiento, filtración mecánica y biológica, y recirculación controlada, con el fin de reducir el desperdicio y optimizar el recurso.

Figura 3

Esquema conceptual del proceso EcoWater System



Nota. La Figura 3 representa de forma esquemática el flujo del sistema propuesto, en el cual el agua captada pasa por un proceso de filtración y almacenamiento antes de ser reutilizada en labores de limpieza, refrigeración y mezcla de concreto. *Fuente.* “Autoría propia”

Evaluación del Impacto Potencial

Se estimó que la implementación del sistema podría reducir el consumo de agua fresca en un 20% y disminuir los costos asociados en aproximadamente 15 millones de pesos anuales.

Tabla 8

Estimación de impacto económico y ambiental del sistema EcoWater

Indicador	Situación Actual	Con Sistema EcoWater	Variación Estimada
Consumo total de agua (L/día)	20,500	16,400	-20%
Costo operativo anual (\$COP)	75,000,000	60,000,000	-15,000,000
Vertimientos (L/día)	10,000	2,000	-80%

Nota. En la tabla 8 se evidencia la implementación del sistema EcoWater en Cementos del Oriente S.A. permite una mejora significativa en la eficiencia hídrica y operativa. El consumo total de agua pasaría de 20.500 L/día a 16.400 L/día, logrando una reducción del 20%, mientras que los vertimientos disminuirían drásticamente de 10.000 L/día a 2.000 L/día, equivalente a una reducción del 80%. *Fuente.* “Autoría propia”

Conclusiones

El estudio permitió evidenciar que la empresa ha avanzado de manera significativa en el cumplimiento del objetivo general, al sentar las bases técnicas, metodológicas y operativas necesarias para implementar un proceso de aprovechamiento del agua subterránea actualmente desaprovechada, con miras a mejorar su sostenibilidad y competitividad antes del año 2026. La caracterización del sistema hídrico interno y la validación de tecnologías aplicables demuestran que la organización cuenta con los insumos suficientes para tomar decisiones fundamentadas sobre la adopción del sistema EcoWater u otras alternativas de reutilización de agua.

En relación con el primer objetivo específico, se logró una apropiación rigurosa de los conceptos claves asociados a innovación industrial, eficiencia hídrica y economía circular, complementada con la exploración técnica de al menos tres tecnologías de reutilización de agua aplicables al sector cementero. Este análisis incluyó referentes nacionales e internacionales, lo que permitió comparar estándares, identificar brechas y seleccionar soluciones alineadas con la realidad operativa de Cementos del Oriente S.A. La revisión teórica y la consulta de casos demostró que la empresa cuenta con un marco conceptual sólido para la toma de decisiones tecnológicas en 2025.

Respecto al segundo objetivo específico, se diseñó y estructuró un piloto de reaprovechamiento de agua para ser implementado en 2025, utilizando metodologías de innovación, creatividad empresarial y análisis de procesos. Este piloto integra a dos áreas operativas clave (clinkerización y molienda), asegurando una visión transversal del aprovechamiento del recurso hídrico. Se emplearon herramientas como Lienzo de Innovación, análisis de regresión, modelado de procesos y simulación operativa, lo que permitió definir una propuesta viable, medible y replicable dentro de la compañía.

En relación con el tercer objetivo específico, las proyecciones realizadas demostraron que la puesta en marcha del sistema generará impactos cuantificables en la eficiencia hídrica y económica. Los resultados estiman una reducción del 20% en el consumo total de agua y un ahorro aproximado de \$15.000.000 COP anuales en costos operativos, lo cual supera la meta planteada del 15%. Además, la disminución del 80% en los vertimientos respalda el fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental de la empresa. Estos indicadores confirman que el proyecto contribuye al mejor desempeño operativo y al cumplimiento efectivo de los objetivos estratégicos definidos.

La investigación no solo valida la pertinencia y viabilidad del proyecto de aprovechamiento de agua subterránea, sino que también demuestra que la innovación empresarial, cuando se articula con el análisis técnico y la sostenibilidad, permite transformar los procesos productivos y mejorar la competitividad. Se recomienda continuar fortaleciendo la cultura de innovación, capacitar al talento humano y avanzar en la implementación del piloto para garantizar la consolidación del proyecto en 2026.

Recomendaciones

Para fortalecer la cultura de innovación interna, se recomienda implementar programas de capacitación continua orientados al desarrollo de la creatividad, el pensamiento crítico y la solución colaborativa de problemas. Este enfoque permitirá que los colaboradores participen activamente en la generación de ideas innovadoras, aportando valor a los procesos, productos y servicios de la empresa.

Asimismo, es fundamental aumentar la inversión en investigación y desarrollo (I+D), destinando un presupuesto específico para proyectos de innovación tecnológica y optimización de procesos productivos. Esta inversión contribuirá a mantener la competitividad de la empresa y a mejorar su capacidad de adaptación frente a las tendencias y exigencias del mercado.

Por otro lado, se sugiere adoptar metodologías de innovación abierta mediante la vinculación con universidades, startups y aliados estratégicos. Este enfoque facilita la co-creación de soluciones, el intercambio de conocimiento y la aceleración del desarrollo de iniciativas con impacto real en la organización y en su entorno productivo.

Adicionalmente, se recomienda utilizar herramientas de análisis de tendencias y vigilancia tecnológica, apoyadas en plataformas de business intelligence y monitoreo competitivo. Estas herramientas permiten identificar innovaciones relevantes del sector, anticipar cambios en el mercado y detectar oportunidades emergentes que fortalezcan la toma de decisiones estratégicas.

En cuanto a la gestión de proyectos, la incorporación de metodologías ágiles como Design Thinking, Lean Startup y Scrum puede mejorar significativamente la eficiencia en el desarrollo de prototipos y soluciones innovadoras. Estas metodologías favorecen la iteración rápida, la validación temprana y la reducción del riesgo asociado a nuevos desarrollos.

Se recomienda consolidar la sostenibilidad como un eje estratégico de la innovación empresarial. Integrar prácticas sostenibles a lo largo de la cadena de valor y desarrollar productos y servicios con menor impacto ambiental no solo contribuye a la responsabilidad social corporativa, sino que también fortalece la reputación de la empresa y su posicionamiento competitivo a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

- Bergeron, P., & Hiller, C. A. (2002). Competitive intelligence. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)*, 36, 353–390.
- Cementos del Oriente. (12 de 2025). *Sobre nosotros*. Obtenido de <https://www.cementosdelorientec.com/nosotros/>
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- Cuviella-Suárez, C. (2021). Optimización de los consumos de agua y energía en la industria cerámica sanitaria y la reducción de emisiones de CO₂. *Escuela internacional de Doctorado (EIDUNED)*, 567.
- Díaz, F. J., et al. (2024). *Introducción a Power BI [Objeto virtual de aprendizaje OVA]*. Repositorio Institucional UNAD.
- Drucker, P. F. (2014). *Innovation and entrepreneurship: Practice and principles*. Routledge.
- Kantis, H., Menéndez, C., Álvarez-Martínez, P., & Federico, J. (2023). Colaboración entre grandes empresas y startups: Una nueva forma de innovación abierta. *TEC Empresarial*, 17(1), 70–93.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management (15th ed.)*. Pearson.
- Ku, R. S. R. (2001). The founders' privacy: The Fourth Amendment and the power of technological surveillance. *Minnesota Law Review*, 86, 1325.
- Lim, E. P., Chen, H., & Chen, G. (2013). Business intelligence and analytics: Research directions. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 3(4), 1–10.

- Márquez-Vásquez, P., & Caicedo-Consuegra, L. (2024). Inteligencia de negocios para el mejoramiento de la vigilancia tecnológica en el sector universitario privado colombiano: Estudio de caso. *Desarrollo Gerencial*, 16(1), 1–19.
- Negash, S., & Gray, P. (2008). Business intelligence. In F. Burstein & C. Holsapple (Eds.), *Handbook on decision support systems 2: Variations* (pp. 175–193). Springer.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2022). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. OCDE.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI). (2023). *Informe sobre innovación industrial sostenible*.
- Porter, M. E. (1998). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.
- Schumpeter, J. A. (2008). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Transaction Publishers.
- Tidd, J., & Bessant, J. (2021). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change* (7th ed.). Wiley.
- Triana, K. N. (2024). *La exploración de información en la vigilancia tecnológica [Objeto Virtual de Información _OVI]*. Repositorio Institucional UNAD.
- UNAD Emprende y Expande: Innovando con la VIEM. (2024). Podcast No. 158, episodio 1 [Pódcast de audio]. Radio UNAD Virtual.
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2024). *Global Innovation Index 2024*.