



**Estrategia para la adopción de la IA y el Blockchain en el producto eTrace
Construction**

Leanis Joleth Pinto Montero

Carlos Andrés Vargas Soto

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

MBA

Bogotá D.C., Colombia

18/01/2026

**Estrategia para la adopción de la IA y el Blockchain en el producto eTrace
Construction**

Leanis Joleth Pinto Montero

Carlos Andrés Vargas Soto

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**Maestría en Gerencias de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos y
MBA**

Director (a):

Paula Echeverry Pérez

Modalidad:

Artículo de Investigación

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

MBA

Bogotá D.C., Colombia

18/01/2026

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO
ETRACE CONSTRUCTION

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Este trabajo es un hito de nuestra
trayectoria individual y de nuestro camino
como equipo. Lo culminamos con la
misma convicción con la que construimos
nuestro futuro juntos.

Leanis y Carlos

Resumen

El presente estudio aborda la evolución del sistema *eTrace Construction* de Stratos Group, una herramienta para el monitoreo térmico en tiempo real del concreto, con el propósito de fortalecer su precisión y trazabilidad mediante la adopción de inteligencia artificial (IA) y blockchain. A partir de un enfoque mixto, descriptivo-correlacional, no experimental y transversal, se aplicaron encuestas al personal interno y a clientes de la empresa para evaluar el estado actual del servicio y la disposición hacia la integración tecnológica. Los resultados evidenciaron una alta aceptación del sistema actual (superior al 90 %) y una percepción positiva sobre la incorporación de tecnologías emergentes, especialmente en relación con la automatización de procesos, la transparencia de los datos y la mejora en la toma de decisiones. Se identificaron limitaciones en la trazabilidad y dependencia de la interpretación humana, lo que respalda la necesidad de modernización. En respuesta, se diseñó un modelo estratégico que combina IA para el análisis predictivo del curado y resistencia del concreto, y, blockchain para la trazabilidad y seguridad de los registros, junto con un plan de implementación en fases que incluye diagnóstico, desarrollo, integración piloto y evaluación de impacto. Los hallazgos confirman la hipótesis de que la sinergia entre IA y blockchain potenciará la eficiencia operativa, la confiabilidad del sistema y la competitividad empresarial. En conclusión, la investigación demuestra que la adopción planificada de estas tecnologías es viable, necesaria y estratégicamente beneficiosa para posicionar a Stratos Group como líder en innovación dentro del sector de la construcción, aunque se recomienda validar los resultados con pilotos en entornos reales.

Palabras clave: inteligencia artificial, blockchain, monitoreo térmico, construcción 4.0, trazabilidad, innovación tecnológica, control del concreto.

Abstract

This study addresses the evolution of Stratos Group's *eTrace Construction* system, a tool for real-time thermal monitoring of concrete, with the purpose of enhancing its accuracy and traceability through the adoption of artificial intelligence (AI) and blockchain. Using a mixed, descriptive-correlational, non-experimental, and cross-sectional approach, surveys were administered to the company's internal staff and clients to assess the current state of the service and their willingness to embrace technological integration. The results revealed a high level of acceptance of the current system (over 90%) and a positive perception of emerging technologies, particularly regarding process automation, data transparency, and improved decision-making. However, limitations were identified in traceability and reliance on human interpretation, supporting the need for modernization. In response, a strategic model was designed that combines AI for predictive analysis of concrete curing and strength, and blockchain for record traceability and security, accompanied by a phased implementation plan that includes diagnosis, development, pilot integration, and impact evaluation. The findings confirm the hypothesis that the synergy between AI and blockchain will enhance operational efficiency, system reliability, and business competitiveness. In conclusion, the research demonstrates that the planned adoption of these technologies is viable, necessary, and strategically beneficial for positioning Stratos Group as a leader in innovation within the construction sector, although further validation through pilot projects in real environments is recommended.

Keywords: artificial intelligence, blockchain, thermal monitoring, construction 4.0, traceability, technological innovation, concrete control.

Introducción

En las últimas décadas, la industria de la construcción ha experimentado transformaciones profundas derivadas de la incorporación de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y, más recientemente, el blockchain. Estos desarrollos han permitido replantear procesos tradicionalmente dependientes de ensayos empíricos o destructivos, como ocurre en el control de calidad del concreto, para dar paso a modelos predictivos y sistemas de monitoreo en tiempo real que incrementan la eficiencia y reducen los riesgos. Sin embargo, a pesar del avance normativo y tecnológico, persiste una brecha significativa entre la disponibilidad de estas soluciones y su adopción en la práctica constructiva.

El concreto, material esencial en la infraestructura moderna, presenta retos asociados a la estimación de su resistencia in situ y al control de fenómenos térmicos en elementos de gran volumen. Desde la estandarización del método de madurez (ASTM C1074) en los años ochenta y la adopción de protocolos para concretos masivos (ACI 207.1R), se han planteado soluciones técnicas con sustento científico que, sin embargo, no siempre son aprovechadas de manera efectiva en obra (ASTM International, 2019) (American Concrete Institute, 2021). Los ensayos destructivos continúan siendo predominantes, aun cuando no reflejan condiciones reales de curado y resistencia. Investigaciones recientes destacan que la combinación de monitoreo térmico, analítica avanzada y modelos de predicción mediante IA permite superar estas limitaciones, otorgando mayor confiabilidad en la toma de decisiones (Zheng, Shui, Xu, Gao, & Zhang, 2023) (Zhang, Yu, & Liu, 2021).

En paralelo, la tecnología blockchain ha emergido como un mecanismo disruptivo para garantizar trazabilidad, autenticidad e inmutabilidad de los datos técnicos. Su aplicación en construcción se asocia con la certificación de materiales, la transparencia en licitaciones y la confiabilidad en la documentación de proyectos (International Organization for Standardization,

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

2022) (Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W., 2022). Sin embargo, la literatura aún reconoce vacíos en su implementación práctica en mercados como el latinoamericano, donde la digitalización del sector avanza de forma desigual (Saavedra, 2024). De allí que integrar blockchain a plataformas de monitoreo como *eTrace Construction* no solo responde a una necesidad de modernización, sino que también constituye una oportunidad de diferenciación estratégica para empresas emergentes de base tecnológica.

Este estudio se sitúa en el campo de la gerencia de sistemas de información y proyectos tecnológicos aplicados al sector construcción, dentro de la línea de modernización de organizaciones. El problema específico que aborda es la baja adopción de tecnologías avanzadas de monitoreo de concreto, que limita la optimización de procesos constructivos y la reducción de riesgos técnicos y financieros. A pesar de que productos como *eTrace Construction* ya integran IoT para capturar datos de madurez y comportamiento térmico del concreto, persiste resistencia por parte de contratistas, interventores y entidades reguladoras a migrar hacia sistemas predictivos y digitalizados (Asosismica, 2010). Esto se traduce en pérdidas de eficiencia, costos adicionales y falta de trazabilidad confiable.

El objetivo general de esta investigación es diseñar una estrategia para la adopción de la IA y el blockchain en el producto *eTrace Construction*, con el fin de optimizar su propuesta de valor y aumentar su penetración en el mercado. Para ello, se plantean cuatro objetivos específicos:

- 1) Realizar una referenciación a través de la investigación de las tecnologías IA y blockchain en el mercado, para identificar la mejor estrategia de optimización del producto *eTrace Construction*.
- 2) Realizar un análisis situacional del servicio de monitoreo térmico en tiempo real del concreto en el producto *eTrace Construction*.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

- 3) Diseñar un modelo estratégico que facilite a la empresa la adopción de la IA y blockchain para optimizar el producto *eTrace Construction*.
- 4) Crear un plan detallado de implementación que incluya fases, cronograma, recursos necesarios, y responsables, para asegurar una transición efectiva hacia la implementación de la IA y blockchain para mejorar el producto *eTrace Construction*.

De acuerdo con estos lineamientos, la pregunta de investigación que guía este trabajo es: ¿En qué medida la adopción de IA y blockchain puede potenciar las ventas y la aceptación de *eTrace Construction* en el mercado de la construcción?.

A partir de esta pregunta, se formulan dos hipótesis de trabajo. La primera es de carácter correlacional: la integración de algoritmos de inteligencia artificial en *eTrace Construction* mejorará la precisión de la predicción de resistencia del concreto y optimizará la toma de decisiones en obra, lo cual incrementará la eficiencia operativa de los proyectos de construcción. La segunda, de naturaleza causal, plantea que: la implementación de blockchain como sistema de trazabilidad en *eTrace Construction* aumentará la confianza de clientes y reguladores en los datos recolectados, facilitando la diferenciación competitiva y contribuyendo al crecimiento de las ventas de la empresa.

En síntesis, este trabajo se fundamenta en la convergencia de dos corrientes tecnológicas de alta relevancia científica y práctica: la IA como herramienta de predicción y optimización, y el blockchain como garante de trazabilidad y transparencia. La investigación no solo busca aportar a la modernización del sector construcción en Colombia y Latinoamérica, sino también posicionar a Stratos Group como un actor innovador capaz de integrar soluciones de vanguardia que respondan a los desafíos actuales de productividad, sostenibilidad y confiabilidad en la industria.

Marco Teórico

El marco teórico de esta investigación se fundamenta en la convergencia entre los modelos tradicionales de control de calidad del concreto y la integración de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el blockchain. Esta combinación se plantea como un eje de transformación para el sector de la construcción, al permitir mayor confiabilidad, eficiencia y trazabilidad en la gestión de estructuras críticas.

Antecedentes históricos y normativos del control de calidad del concreto

El control de resistencia y comportamiento térmico del concreto ha evolucionado significativamente desde mediados del siglo XX. El método de madurez, formalizado en la norma ASTM C1074, se basa en la relación entre la temperatura y el tiempo de curado, correlacionada con el desarrollo de resistencia (ASTM International, 2019). Este enfoque, sustentado en los modelos matemáticos de Nurse-Saul y Arrhenius, permitió pasar de prácticas empíricas a metodologías predictivas que reducen la dependencia de ensayos destructivos.

En paralelo, la normativa ACI 207.1R (American Concrete Institute, 2021) introdujo protocolos específicos para el control térmico en concretos masivos, considerando la disipación de calor de hidratación y la prevención de agrietamientos estructurales. Estos avances constituyen la base científica sobre la cual se desarrollan hoy herramientas digitales y plataformas de monitoreo. Sin embargo, (National Ready Mixed Concrete Association, 2020) señala que, a pesar de estas normativas, la práctica en obra sigue limitada al uso de cilindros de prueba y métodos convencionales. Esto ha generado una brecha entre el conocimiento técnico disponible y su implementación efectiva en proyectos de gran envergadura.

Tecnologías digitales e IoT en la construcción

La incorporación del Internet de las Cosas (IoT) en la construcción ha posibilitado el uso de sensores embebidos para capturar variables como la temperatura interna, humedad y resistencia del concreto en tiempo real (Di Schino & Corradi, 2020). Plataformas como *eTrace*

representan la evolución hacia sistemas centralizados que integran estos datos con herramientas analíticas y dashboards interactivos.

El concepto de digital twins o gemelos digitales complementa este desarrollo, permitiendo simular el comportamiento térmico del concreto antes y durante la ejecución de obra (Cámara Valencia, 2024). Asimismo, estudios en contextos internacionales han evidenciado que el uso de IoT reduce en hasta un 10% los costos asociados a retrasos y desperdicios (Khurshid, K., Salim, M. U., 2023).

No obstante, la literatura también resalta limitaciones asociadas a la interoperabilidad de sistemas, el costo de implementación y la resistencia al cambio por parte de actores del sector (JMI, 2025). Estas barreras justifican la búsqueda de soluciones integradas con tecnologías más avanzadas como IA y blockchain.

Modelos de inteligencia artificial aplicados a la construcción

La inteligencia artificial (IA) en la ingeniería civil está revolucionando la toma de decisiones a través de modelos de aprendizaje automático que permiten predecir el comportamiento del concreto con base en datos históricos y condiciones actuales. Según (Zhang, Yu, & Liu, 2021), la IA facilita la anticipación de fallas, la detección de anomalías térmicas y la optimización del curado del concreto. Estos sistemas permiten automatizar recomendaciones operativas (por ejemplo, retrasar el desencofrado si la resistencia no ha alcanzado el umbral esperado), reduciendo la subjetividad de las decisiones humanas y minimizando los riesgos en obra.

Diversos estudios han demostrado la eficacia de redes neuronales artificiales (RNA) y algoritmos como Gradient Boosting o XGBoost para predecir la resistencia del concreto con precisiones superiores al 98% (Zheng, Shui, Xu, Gao, & Zhang, 2023). Además, técnicas de visión artificial aplicadas a imágenes capturadas por drones permiten detectar fisuras superficiales y evaluar su evolución (Deng, Lu, & Lee, 2021).

Otro eje relevante es la automatización de la toma de decisiones. Sistemas de IA integrados con BIM (Building Information Modeling) y plataformas IoT permiten generar alertas y recomendaciones en tiempo real, minimizando la subjetividad humana en procesos críticos como desencofrado o postensado (Hong, Y., 2025; Valdebenito, R., 2025).

Desde la perspectiva de la gestión, los modelos multiobjetivo (MOO) combinan análisis de costos, desempeño y sostenibilidad para optimizar mezclas y procesos constructivos (Golafshani, Arashpour, & Kashani, 2021). Este enfoque resulta especialmente valioso en contextos donde se busca reducir la huella de carbono y aumentar la durabilidad de las estructuras.

Blockchain y trazabilidad en la industria de la construcción

El blockchain se ha posicionado como una tecnología disruptiva para garantizar la integridad e inmutabilidad de datos en sectores críticos. En la construcción, su aplicación se centra en la trazabilidad de materiales, la gestión documental y la certificación de procesos

El blockchain se ha consolidado como una tecnología clave para garantizar la integridad, inmutabilidad y transparencia de la información en sectores críticos. En el sector de la construcción, su aplicación se enfoca principalmente en la trazabilidad de materiales, la gestión documental y la certificación de procesos, permitiendo mejorar la confianza entre los actores de la cadena de suministro, reducir el fraude y facilitar la auditoría de datos y documentos. Investigaciones recientes destacan su potencial para optimizar la gestión de materiales y fortalecer los mecanismos de control y certificación digital en proyectos constructivos (Heydari, M., & Shojaei, A., 2025; Protech Ingeniería., 2025).

La norma ISO/TR 23244:2021 establece directrices para el diseño de sistemas blockchain enfocados en privacidad y confiabilidad, lo que permite su aplicación en cadenas de suministro y auditoría de proyectos de infraestructura (International Organization for Standardization, 2022). Asimismo, el uso de contratos inteligentes ha demostrado eficacia en la

automatización de pagos y verificaciones de hitos constructivos (McNamara & Sepasgozar, 2020).

Investigaciones recientes destacan que blockchain no solo fortalece la transparencia, sino que también constituye un factor de diferenciación en mercados donde la certificación de calidad y el cumplimiento normativo son exigencias crecientes (Yontar, 2023). Sin embargo, persisten desafíos legales y regulatorios relacionados con la interoperabilidad de sistemas y la protección de datos personales (Al Azmi, Sweis, Sweis, & Sammour, 2022).

Estado del arte y vacíos de investigación

La revisión bibliográfica evidencia que, aunque existen avances significativos en cada una de las tecnologías mencionadas, pocos estudios han abordado su integración conjunta en un mismo producto o servicio. El uso de IoT para monitoreo de concreto está relativamente consolidado en países desarrollados, mientras que la IA aplicada a predicción de resistencia ha demostrado alto potencial, pero con implementaciones aún limitadas a proyectos piloto (Zhang, Yu, & Liu, 2021).

En cuanto a blockchain, su aplicación en construcción continúa en fase experimental, con mayor desarrollo en la gestión de contratos y trazabilidad de materiales, pero con escasa evidencia de su adopción para validar datos técnicos recolectados en obra (Wang, Liu, Liu, & Huang, 2022).

Este vacío representa una oportunidad de investigación aplicada para empresas emergentes como Stratos Group, que buscan integrar estas tecnologías en su producto *eTrace Construction* y, con ello, posicionarse como pioneros en el mercado latinoamericano.

Metodología

La metodología constituye el eje central que permite dar rigor científico al estudio, estableciendo los procedimientos mediante los cuales se recogerá, analizará e interpretará la información necesaria para responder a la pregunta de investigación. El diseño metodológico propuesto se adapta a la naturaleza del problema identificado, que busca determinar en qué medida la adopción de la inteligencia artificial (IA) y el blockchain puede potenciar las ventas y la aceptación del producto *eTrace Construction* en el mercado de la construcción.

Enfoque y alcance de la investigación

El presente trabajo se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando técnicas cualitativas y cuantitativas. El enfoque cualitativo permitió comprender las percepciones, actitudes y resistencias de los actores involucrados en el sector construcción frente a la adopción de tecnologías emergentes. De manera complementaria, el enfoque cuantitativo permitió analizar datos medibles a partir de encuestas estructuradas, diseñadas para identificar la aceptación tecnológica, la utilidad percibida de la IA, la confianza en blockchain y el impacto en la competitividad.

En cuanto a su alcance, la investigación se consideró de tipo descriptivo-correlacional. Descriptiva porque buscó caracterizar la situación actual de *eTrace Construction* y su potencial optimización mediante IA y blockchain; y correlacional porque pretendió establecer relaciones entre variables como la aceptación tecnológica, la confianza en la trazabilidad digital y la percepción de competitividad.

El diseño tuvo un enfoque no experimental y transversal, en tanto no se manipularon variables independientes y la recolección de datos se realizó en un único momento del tiempo, entre los meses de septiembre y octubre de 2025.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, la investigación se estructuró en cuatro fases.

Fase 1. Revisión documental y referenciación tecnológica

Consistió en la identificación de literatura académica y técnica en bases de datos indexadas (Scopus, WOS, IEEE, SpringerLink) y en normativa aplicable (ASTM, ACI, ISO). Se construyó el estado del arte sobre IA, blockchain e IoT en la construcción.

Fase 2. Análisis situacional

Se realizó un estudio externo (cinco fuerzas de Porter) y un diagnóstico interno de Stratos Group. Esta fase permitió identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en relación con la integración tecnológica.

Fase 3. Diseño y aplicación de instrumentos

Se aplicó la encuesta estructurada con base en escalas tipo Likert a los actores clave de la empresa y a clientes seleccionados. La encuesta recabó información sobre las variables centrales: aceptación tecnológica, utilidad percibida de IA, confianza en blockchain e impacto en competitividad y ventas.

Fase 4. Procesamiento y análisis de resultados

Se emplearon herramientas estadísticas descriptivas y análisis correlacional para identificar relaciones entre variables. Los resultados sirvieron para diseñar un modelo estratégico de integración tecnológica y un plan de implementación adaptado a la realidad de la empresa.

Población y muestra

La población objeto de estudio estuvo conformada por los actores internos de Stratos Group y una muestra representativa de clientes actuales del producto *eTrace Construction*. Dado que, al momento de la investigación, la empresa contaba con 25 empleados, se seleccionaron aquellos directamente vinculados con el desarrollo, implementación y comercialización del producto, así como clientes con experiencia en su uso.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

La muestra se definió para 15 participantes: colaboradores internos director de proyectos, director comercial y coordinador técnico (3 personas) y clientes externos como directores de obra y responsables de calidad de empresas constructoras que utilizan actualmente *eTrace Construction* (12 personas). El criterio de selección fue intencional, tomando en cuenta la pertinencia y la experiencia de los participantes en relación con las variables de estudio.

El tamaño reducido de la muestra responde al carácter exploratorio y aplicado de la investigación, centrada en una empresa específica (Stratos Group) y en un producto tecnológico concreto. Esta condición implica que los resultados reflejan principalmente percepciones, expectativas y disposiciones frente a la adopción tecnológica, más que mediciones empíricas del impacto real de la implementación de IA y blockchain. Por tanto, los hallazgos deben interpretarse como insumos estratégicos para la innovación, y no como conclusiones generalizables al conjunto del sector construcción.

Adicionalmente, la muestra se concentró en usuarios con experiencia previa en soluciones tecnológicas de monitoreo, lo cual puede generar un sesgo positivo hacia la aceptación de tecnologías emergentes.

Desde la perspectiva de la innovación, esta delimitación de la muestra resulta coherente con el propósito del estudio, que no busca validar estadísticamente el desempeño técnico de la IA y el blockchain, sino diseñar y justificar un modelo estratégico de adopción tecnológica basado en la percepción de valor, la viabilidad organizacional y la aceptación del mercado objetivo inicial. En este sentido, la investigación se sitúa en una fase temprana del ciclo de innovación, orientada a la conceptualización, validación estratégica y planificación de la implementación.

Finalmente, estas limitaciones influyen en la interpretación de los hallazgos en la medida en que los altos niveles de aceptación observados frente a la inteligencia artificial y el

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

blockchain deben entenderse como una tendencia preliminar, que requiere validación mediante estudios posteriores con muestras más amplias, diseños probabilísticos o enfoques longitudinales. En este sentido, la investigación no busca establecer relaciones causales generalizables, sino explorar la viabilidad, pertinencia y aceptación inicial de la integración tecnológica propuesta, sirviendo como base para futuras investigaciones empíricas de mayor alcance.

Instrumentos

El instrumento utilizado correspondió a una encuesta estructurada con escala tipo Likert de cinco puntos, diseñada específicamente para medir las variables centrales del estudio: aceptación tecnológica del sistema *eTrace Construction*, utilidad percibida de la inteligencia artificial, confianza en la trazabilidad mediante blockchain e impacto percibido en competitividad y ventas. La construcción del instrumento se realizó a partir de la revisión de literatura académica y estudios previos relacionados con adopción tecnológica, innovación y transformación digital en el sector construcción, lo que permitió asegurar la coherencia teórica entre los ítems y las variables analizadas.

Para garantizar la confiabilidad y validez de contenido, el instrumento fue sometido a un proceso de validación por juicio de expertos, utilizando el coeficiente V de Aiken. En este proceso participaron cinco expertos con experiencia en ingeniería civil, gerencia de proyectos tecnológicos, innovación y sistemas de información, quienes evaluaron cada ítem en función de su claridad semántica, relevancia conceptual y alineación con los objetivos de la investigación. Los resultados evidenciaron un alto nivel de concordancia, lo que permitió depurar el instrumento y reducir posibles sesgos de interpretación.

En cuanto a la confiabilidad estadística, no se realizó el cálculo de coeficientes de consistencia interna, debido al tamaño reducido de la muestra y a la naturaleza no probabilística del muestreo, no obstante, esta limitación se mitigó mediante el diseño cuidadoso

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

de los ítems, fundamentado en literatura académica validada sobre adopción tecnológica, aceptación de sistemas de información e innovación, así como mediante la aplicación homogénea del instrumento a todos los participantes bajo las mismas condiciones.

La confiabilidad operativa del instrumento se aseguró utilizando un formulario virtual único, instrucciones claras y un periodo de aplicación controlado de dos semanas a los participantes previamente seleccionados. Se garantizó la confidencialidad de la información y se les informó el propósito con fines académicos a los encuestados.

Con estas estrategias se afirma que el instrumento es metodológicamente consistente y adecuado para los fines exploratorios y estratégicos del estudio, aun reconociendo las limitaciones inherentes al diseño muestral.

Técnicas para el análisis de la información

El análisis de datos es un elemento clave para la toma de decisiones estratégicas, ya que permite anticipar tendencias, optimizar procesos y mejorar la experiencia del cliente mediante enfoques basados en evidencia y analítica avanzada (McKinsey & Company., 2020). Asimismo, posibilita la segmentación de mercados y la personalización de productos y servicios, lo que contribuye a incrementar la satisfacción, la lealtad y la retención de los clientes, especialmente en entornos digitales competitivos (Gartner, 2022). Sin embargo, enfrenta desafíos relacionados con la calidad y la ética de los datos (Sharma, 2020).

En investigaciones con variables mixtas, la visualización de datos mediante gráficos y diagramas desempeña un papel fundamental para simplificar la interpretación de información compleja, facilitar la identificación de patrones, tendencias y relaciones, y comunicar los resultados de manera clara y efectiva a diversos públicos, tanto técnicos como no técnicos (Evergreen, 2020). Esta herramienta también promueve la colaboración entre investigadores, enriqueciendo el análisis y la comprensión del fenómeno estudiado (Healy, 2018).

La Tabla 1 resume el instrumento, la técnica de análisis y su descripción.

Tabla 1*Instrumento y técnicas de análisis de la información*

Instrumento	Técnica de análisis	Descripción
Encuesta	Visualización de datos a través de gráficos	La visualización de datos es una técnica que permite representar información compleja a través de recursos gráficos, facilitando su comprensión y análisis. Consiste en el uso de gráficos, diagramas y otros elementos visuales que convierten datos cuantitativos y cualitativos en representaciones claras e intuitivas. De acuerdo con (Kosslyn, 2020), esta técnica no solo contribuye a identificar patrones y tendencias, sino que también mejora la comunicación de los resultados ante diferentes públicos. Además, el uso adecuado de colores, formas y tamaños resulta esencial, ya que influye directamente en la interpretación de los datos y en la capacidad del observador para obtener conclusiones relevantes.

Nota. Elaboración propia

Resultados

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a dos grupos de interés: clientes del sistema *eTrace Construction* y personal interno de Stratos Group. El propósito central fue evaluar la percepción sobre la utilidad actual del sistema y, especialmente, la aceptación y el impacto esperado frente a la incorporación de inteligencia artificial (IA) y blockchain. Los resultados se estructuran en función de las cuatro variables del estudio: V1. Aceptación tecnológica del sistema actual, V2. Utilidad percibida de la IA, V3. Confianza en la trazabilidad mediante blockchain y V4. Impacto en competitividad y ventas.

Las
y 2 representan las gráficas de los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los clientes y al personal interno de Stratos Group, respectivamente.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Figura 1

Representación gráfica de los resultados a las encuestas aplicadas a los clientes

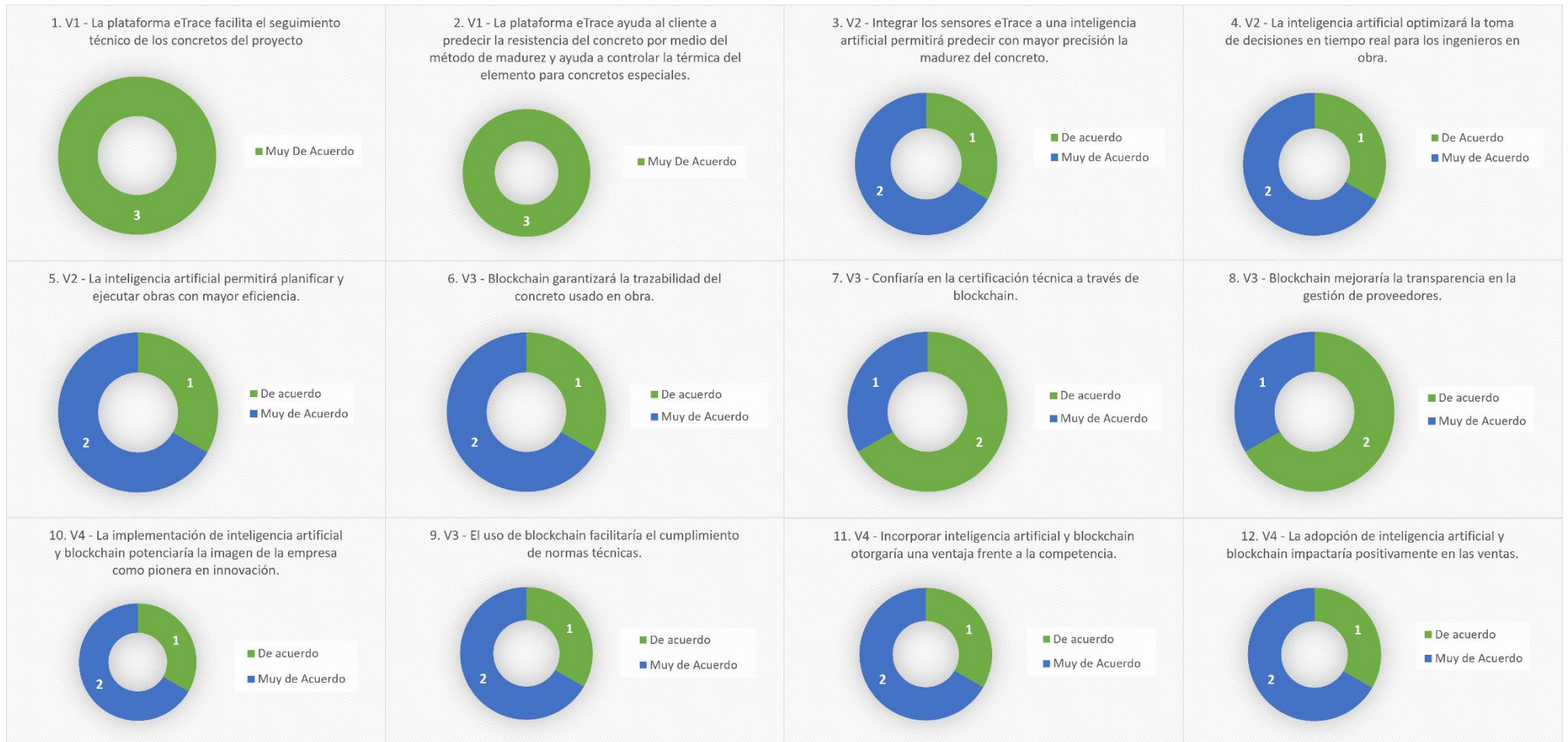


Nota. Basado en los resultados obtenidos al aplicar el instrumento encuesta, descrito en el ítem 3 de la metodología.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Figura 2

Representación gráfica de los resultados a las encuestas aplicadas a al personal interno



Nota. Basado en los resultados obtenidos al aplicar el instrumento encuesta, descrito en el ítem 3 de la metodología.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Análisis de los resultados

El análisis presentado en la siguiente tabla sintetiza los hallazgos obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a clientes del sistema *eTrace Construction* y al personal interno de Stratos Group. El propósito fue identificar percepciones, niveles de aceptación y expectativas frente a la posible incorporación de inteligencia artificial (IA) y blockchain en la plataforma *eTrace*, herramienta utilizada para el monitoreo térmico y la gestión técnica del concreto en obra.

Tabla 2

Análisis de los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los clientes y al personal interno de Stratos Group

Consec.	Variable	Pregunta	Análisis Clientes	Análisis Personal interno
1	V1. Aceptación tecnológica del sistema <i>eTrace Construction</i>	1.1. El monitoreo con el paquete de sensores <i>eTrace Construction</i> ayuda a informarle sobre el control térmico del concreto en tiempo real	Los clientes consideran el monitoreo térmico en tiempo real de <i>eTrace Construction</i> como altamente útil y valorado, lo que lo posiciona como una base sólida para evolucionar hacia soluciones más inteligentes y trazables mediante IA y blockchain.	N.A.
2	V1. Aceptación tecnológica del sistema <i>eTrace Construction</i>	1.2. Prefiero sistemas automatizados a métodos manuales para determinar la madurez del concreto en términos de resistencia	Los usuarios muestran una clara preferencia por sistemas automatizados frente a métodos manuales, lo que confirma la necesidad de invertir en herramientas digitales y valida la evolución de <i>eTrace Construction</i> hacia IA y blockchain, alineada con las expectativas del cliente.	N.A.
3	V1. Aceptación tecnológica del sistema <i>eTrace Construction</i>	1.3. La plataforma <i>eTrace</i> facilita el seguimiento técnico de los concretos del proyecto	Los usuarios consideran a <i>eTrace</i> como una herramienta confiable para el seguimiento del concreto, con alta aceptación y un entorno favorable para evolucionar hacia IA y blockchain.	El 100% de respuestas “Muy de Acuerdo” evidencia que el equipo de Stratos Group percibe a <i>eTrace Construction</i> como una herramienta efectiva y confiable, lo que confirma su madurez y respalda su evolución hacia un

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Consec.	Variable	Pregunta	Análisis Clientes	Análisis Personal interno
4	V1. Aceptación tecnológica del sistema <i>eTrace Construction</i>	1.4. La plataforma <i>eTrace</i> ayuda al cliente a predecir la resistencia del concreto por medio del método de madurez y ayuda a controlar la térmica del elemento para concretos especiales	N.A.	sistema más inteligente y automatizado. El 100% de respuestas “Muy de Acuerdo” confirma la alta confianza del personal interno en <i>eTrace Construction</i> para la predicción de resistencia y el control térmico del concreto, evidenciando una propuesta de valor clara y una base sólida para incorporar IA y blockchain.
5	V1. Aceptación tecnológica del sistema <i>eTrace Construction</i>	1.5. Los equipos que conforman el paquete <i>eTrace Construction</i> son fáciles de utilizar en los concretos de cada proyecto	Los equipos de <i>eTrace Construction</i> son percibidos como fáciles de usar y bien adaptados al entorno operativo, lo que favorece su evolución hacia mayor digitalización y automatización.	N.A.
6	V2. Utilidad percibida de la IA en construcción	2.1. Integrar los sensores <i>eTrace Construction</i> a una inteligencia artificial permitirá predecir con mayor precisión la madurez del concreto	N.A.	El personal de Stratos Group coincide en que integrar IA con los sensores <i>eTrace Construction</i> aumentará la precisión y capacidad predictiva del sistema, fortaleciendo su valor y consolidándolo como una solución más inteligente.
7	V2. Utilidad percibida de la IA en construcción	2.2. El uso de sensores integrados a una inteligencia artificial mejorará el monitoreo térmico de diferentes tipos de concreto	La mayoría de los usuarios reconoce que la IA representa un mejora para el monitoreo térmico del concreto, evidenciando que el mercado está preparado y receptivo para integrar esta tecnología en <i>eTrace Construction</i> .	N.A.
8	V2. Utilidad percibida de la IA en construcción	2.3. La inteligencia artificial reducirá los errores humanos en el proceso de construcción de elementos de concreto	Los clientes perciben que la IA puede reducir errores humanos en la construcción, lo que abre oportunidades para que <i>eTrace Construction</i> incorpore análisis predictivo y	N.A.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Consec.	Variable	Pregunta	Análisis Clientes	Análisis Personal interno
9	V2. Utilidad percibida de la IA en construcción	2.4. La inteligencia artificial optimizará la toma de decisiones en tiempo real para los ingenieros en obra	sistemas de decisión, en un contexto de aceptación positiva. N.A.	El personal interno de Stratos Group acepta plenamente la incorporación de IA para optimizar decisiones en tiempo real, lo que fortalece la innovación y confirma su buena recepción tanto interna como externa.
10	V2. Utilidad percibida de la IA en construcción	2.5. La inteligencia artificial permitirá planificar y ejecutar obras con mayor eficiencia	Los usuarios confían mayoritariamente en que la IA mejorará la eficiencia del proceso constructivo, y aunque existen algunas dudas, el mercado muestra disposición a adoptarla si demuestra beneficios claros.	El personal interno considera que la IA mejorará significativamente la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos, lo que respalda avanzar en su integración dentro de <i>eTrace Construction</i> .
11	V3. Confianza en la trazabilidad con blockchain	3.1. Blockchain garantizará la trazabilidad del concreto usado en obra.	Existe una aceptación mayoritaria del blockchain para garantizar la trazabilidad del concreto, y aunque un grupo permanece expectante, la tecnología representa una oportunidad de diferenciación para <i>eTrace Construction</i> si se acompaña de una adecuada estrategia de adopción y divulgación.	El personal interno de Stratos Group muestra total aceptación frente al uso de blockchain para la trazabilidad del concreto, reconociendo su aporte a la transparencia, confiabilidad de datos y certificación técnica avanzada de <i>eTrace Construction</i> .
12	V3. Confianza en la trazabilidad con blockchain	3.2. Confiaría en la certificación técnica a través de blockchain.	El 75% de los encuestados confía en blockchain para la certificación técnica, lo que indica un potencial mercado receptivo a su integración en <i>eTrace Construction</i> como elemento diferenciador, siempre que se acompañe de una adecuada explicación y demostración de beneficios.	El personal interno de Stratos Group muestra confianza en el uso de blockchain para certificación técnica, reconociéndolo como un pilar estratégico que fortalece la trazabilidad, la protección de datos y el valor de <i>eTrace Construction</i> .

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Consec.	Variable	Pregunta	Análisis Clientes	Análisis Personal interno
13	V3. Confianza en la trazabilidad con blockchain	3.3. Blockchain mejoraría la transparencia en la gestión de proveedores	N.A.	El personal interno de Stratos Group confía en que blockchain mejorará la transparencia con proveedores, posicionándolo como una oportunidad para fortalecer la cadena de valor y el ecosistema de <i>eTrace Construction</i> .
14	V3. Confianza en la trazabilidad con blockchain	3.4. El uso de blockchain facilitaría el cumplimiento de normas técnicas	N.A.	El personal interno de Stratos Group coincide en que blockchain reforzará el cumplimiento normativo y la integridad documental, validando su integración para mejorar la calidad, transparencia y seguridad del control técnico del concreto.
15	V3. Confianza en la trazabilidad con blockchain	3.5. Confiaría en que blockchain garantizará la autenticidad y protección contra manipulaciones de los datos técnicos de obra	Los usuarios confían en blockchain para garantizar la autenticidad de la información del concreto, validando su incorporación en <i>eTrace Construction</i> , aunque su adopción se fortalecerá con demostraciones, certificaciones y una comunicación pedagógica.	N.A.
16	V4. Impacto percibido en competitividad y ventas	4.1. La implementación de inteligencia artificial y blockchain potenciaría la imagen de la empresa como pionera en innovación.	Los usuarios perciben la IA y blockchain como tecnologías clave de diferenciación e innovación, cuya implementación fortalecerá la marca y la competitividad en el sector construcción.	El personal interno de Stratos Group considera que integrar IA y blockchain fortalecerá la imagen de la empresa como líder innovador, asegurando alineación organizacional y apoyo estratégico para su adopción.
17	V4. Impacto percibido en competitividad y ventas	4.2. Incorporar inteligencia artificial y blockchain otorgaría una ventaja frente a la competencia.	Los clientes perciben la IA y el blockchain como una fuente de ventaja competitiva frente a soluciones tradicionales, considerándolas una inversión que fortalece	El personal interno de Stratos Group acepta plenamente que la integración de IA y blockchain fortalecerá la posición competitiva

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Consec.	Variable	Pregunta	Análisis Clientes	Análisis Personal interno
			el posicionamiento y valor comercial de la empresa, pese a una resistencia mínima.	de la empresa, garantizando coherencia organizacional y una implementación sin resistencia interna.
18	V4. Impacto percibido en competitividad y ventas	4.3. La inteligencia artificial y blockchain permitiría ofrecer un mejor servicio al cliente	Los clientes consideran que la IA y el blockchain mejorarán la calidad del servicio al hacerlo más transparente, trazable y confiable, lo que refuerza la viabilidad de su implementación en <i>eTrace Construction</i> .	N.A.
19	V4. Impacto percibido en competitividad y ventas	4.4. La adopción de inteligencia artificial y blockchain impactaría positivamente en las ventas	N.A.	El personal interno de Stratos Group considera que la adopción de IA y blockchain impactará positivamente las ventas, al aumentar la competitividad, la confianza del mercado y el atractivo comercial de <i>eTrace Construction</i> .
20	V4. Impacto percibido en competitividad y ventas	4.5. Tendría mayor disposición a adquirir eTrace Concrete Jobbiste si incluyera funciones basadas en inteligencia artificial y blockchain.	La inclusión de funciones con IA y blockchain aumentaría la intención de compra, consolidando la innovación como motor de competitividad y crecimiento comercial para <i>eTrace Construction</i> .	N.A.

Nota. Basado en los resultados obtenidos al aplicar el instrumento encuesta, descrito en el ítem 3 de la metodología.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas permiten identificar una percepción altamente favorable frente a la incorporación de inteligencia artificial y blockchain en el sistema *eTrace Construction*, tanto por parte de los clientes como del personal interno de Stratos Group.

La alta aceptación del sistema actual y la valoración positiva de las tecnologías emergentes constituyen evidencia perceptual consistente con los supuestos de investigación, en la medida en que los participantes reconocen beneficios potenciales asociados a mayor precisión, automatización, trazabilidad y diferenciación competitiva.

Estos hallazgos no representan una validación estadística de hipótesis, sino un insumo exploratorio que respalda la viabilidad técnica y estratégica de la propuesta de adopción tecnológica, lo que ratifica que la plataforma está preparada para evolucionar hacia capacidades predictivas avanzadas, coherentes con la evidencia científica que demuestra mejoras en precisión y eficiencia mediante modelos de aprendizaje automático (Kim, H., & Cho, J., 2021; Wang, Y., 2022). Asimismo, la confianza generalizada en blockchain, aunque con necesidad de mayor socialización entre clientes, respalda su potencial para fortalecer la trazabilidad, transparencia y cumplimiento normativo, como señalan (Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W., 2022). Finalmente, el impacto positivo esperado en competitividad y ventas confirma que estas tecnologías no solo agregan valor técnico, sino también estratégico, mejorando la reputación e intención de compra del producto, en línea con los principios de la Construcción 4.0 (Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W., 2019).

Desde el punto de vista organizacional, los resultados evidencian que Stratos Group cuenta con una alta alineación interna frente a la adopción de tecnologías emergentes. La aceptación total del personal interno hacia la inteligencia artificial y el blockchain sugiere la existencia de una cultura organizacional favorable a la innovación, condición fundamental para la implementación exitosa de procesos de transformación digital.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO eTRACE CONSTRUCTION

Asimismo, la percepción positiva sobre el impacto de estas tecnologías en la eficiencia, la trazabilidad y la competitividad indica que la adopción de IA y blockchain no solo fortalecería el producto *eTrace Construction*, sino que también permitiría a la organización evolucionar hacia un modelo de gestión basado en datos, con mayor control, transparencia y capacidad de respuesta estratégica.

Los resultados obtenidos no son estadísticamente generalizables al conjunto del sector de la construcción ni a todas las empresas que podrían adoptar tecnologías como la inteligencia artificial y el blockchain. La muestra reducida limita la posibilidad de extrapolar los hallazgos a poblaciones más amplias, dado que no se aplicaron técnicas de muestreo probabilístico ni se contó con un tamaño muestral suficiente para inferencias estadísticas robustas. Sin embargo, la naturaleza y composición de la muestra, integrada por actores clave con experiencia directa en el uso, desarrollo y comercialización del sistema *eTrace Construction*, otorga a los resultados un alto valor analítico y estratégico. En este sentido, los hallazgos permiten comprender en profundidad las percepciones, expectativas y disposiciones iniciales del mercado objetivo primario, lo cual es coherente con investigaciones orientadas a la validación temprana de propuestas de innovación tecnológica.

Modelo estratégico para la adopción de la IA y el blockchain en el producto *eTrace Construction*.

Situación actual

Actualmente, Stratos Group ha desarrollado e implementado el sistema *eTrace Construction*, una herramienta que aplica la metodología de madurez del concreto para monitorear en tiempo real el comportamiento térmico y la resistencia del material.

Los resultados del estudio evidenciaron una alta aceptación del sistema entre los clientes y el personal interno: más del 90 % de los usuarios considera que la plataforma es eficiente, confiable y de fácil uso. Sin embargo, los hallazgos también revelan un interés

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

creciente por incorporar tecnologías avanzadas, en particular inteligencia artificial y blockchain, con el fin de mejorar la predicción del comportamiento del concreto, la automatización del control de calidad y la trazabilidad certificada de los procesos constructivos.

Pese a la buena percepción, se identifican limitaciones en la optimización predictiva (las decisiones aún dependen de la interpretación humana) y carencia de sistemas de registro inmutable que garanticen la validez de los datos generados en obra. Esto abre una brecha entre el potencial del sistema actual y las demandas tecnológicas emergentes de la Construcción 4.0, que exige soluciones con mayor autonomía, seguridad y confiabilidad en la gestión de la información (Kim, H., & Cho, J., 2021; Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W., 2022; Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W., 2019).

Oportunidades

A partir del análisis de resultados, se identifican las siguientes oportunidades de innovación e investigación:

Integración predictiva mediante inteligencia artificial (IA). La IA puede analizar grandes volúmenes de datos históricos de curado, temperatura y resistencia, permitiendo predecir el desempeño del concreto con mayor precisión. Esto se traduce en reducción de errores, ahorro de tiempo y optimización de recursos (Wang, Y., 2022).

Implementación de blockchain para trazabilidad y certificación. La tecnología blockchain garantiza la integridad y autenticidad de los datos de resistencia, temperatura y cumplimiento normativo, creando un registro inmutable que puede ser auditado por contratistas, interventores y entidades regulatorias (ASTM International, 2019).

Expansión comercial y diferenciación competitiva. La adopción de estas tecnologías permitirá que Stratos Group se consolide como un referente regional en innovación tecnológica aplicada al concreto, incrementando la confianza del mercado y el valor percibido de sus soluciones.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Alineación con tendencias globales de Construcción 4.0. La integración de IA y blockchain posicionará al sistema *eTrace Construction* dentro de la tendencia mundial de automatización, trazabilidad y digitalización inteligente en obra, en concordancia con las guías de la (American Concrete Institute, 2021).

Propuesta de solución al problema planteado

La propuesta de investigación se centra en “desarrollar un modelo de integración de inteligencia artificial y blockchain en el sistema *eTrace Construction*”, con el fin de optimizar la predicción de la resistencia del concreto y garantizar la trazabilidad certificada de los datos generados durante el proceso constructivo.

Componentes de la propuesta

1. Módulo de inteligencia artificial (IA Predictiva), que permitirá:
 - El entrenamiento de modelos basados en redes neuronales profundas con datos históricos de curado.
 - La predicción automática del comportamiento térmico y resistencia futura del concreto.
 - La generación de alertas tempranas y recomendaciones de curado.
 - La mejora de la eficiencia operativa mediante decisiones asistidas por datos.
2. Módulo de blockchain para trazabilidad, que permitirá:
 - El registro inmutable de cada medición, calibración y validación.
 - La creación de bloques certificados que respalden la calidad del concreto.
 - La auditoría en tiempo real para todas las partes involucradas (contratistas, interventores, clientes).
 - El cumplimiento con estándares de la (American Concrete Institute, 2021) y la (ASTM International, 2019).
3. Plataforma integrada de visualización y gestión, conformada por:
 - El panel de control que combine las predicciones de IA y los registros blockchain.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

- La interfaz adaptable para usuarios técnicos y administrativos.
 - Los reportes automáticos de cumplimiento y desempeño.
4. Plan detallado para la implementación del modelo de integración de inteligencia artificial y blockchain en el sistema *eTrace Construction*.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Tabla 3

Plan detallado para la implementación del modelo de integración de inteligencia artificial y blockchain en el sistema eTrace

Construction.

Fase	Duración (Meses)	Objetivo	Actividades Principales	Responsables	Entregables	Impacto Financiero esperado	Indicadores de Éxito
Fase 1. Análisis y preparación de datos	1–2	Recopilar y estructurar los datos históricos del sistema <i>eTrace Construction</i> .	Extracción, limpieza y validación de datos; creación del dataset técnico.	Equipo de analítica de datos e ingeniería de Stratos Group.	Dataset estructurado y documentado.	Costos iniciales asociados a preparación de datos y horas hombre especializadas. Inversión necesaria para habilitar fases posteriores.	80% de los datos históricos depurados y consolidados. Menos del 20% de datos faltantes o inconsistentes. Dataset validado bajo criterios ASTM C1074.
Fase 2. Desarrollo del módulo de inteligencia artificial	3–5	Diseñar y validar modelos predictivos de resistencia del concreto mediante IA.	Entrenamiento de modelos de IA; validación cruzada y optimización de parámetros.	Equipo de IA y desarrollo de software.	Modelo de IA validado e integrado con <i>eTrace Construction</i> .	Incremento temporal en costos de desarrollo, compensado por reducción futura de reprocesos, errores humanos y tiempos de decisión en obra.	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión mínima del 80% en predicción de resistencia. • Error medio absoluto (EMA) < 20%. • Tiempo de inferencia menor a 1 minuto por predicción.
Fase 3. Implementación del módulo blockchain	6–8	Garantizar la trazabilidad y seguridad de los datos con blockchain.	Diseño del sistema de blockchain; desarrollo de contratos inteligentes y auditoría.	Ingenieros de software y especialistas en ciberseguridad.	Prototipo blockchain funcional con interfaz de usuario.	Costos de infraestructura tecnológica, mitigados por beneficios en trazabilidad y fortalecimiento de certificaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • 80% de los registros térmicos almacenados en blockchain. • Tasa de auditoría exitosa del 80%. • Latencia en operación < 1 minuto por transacción.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

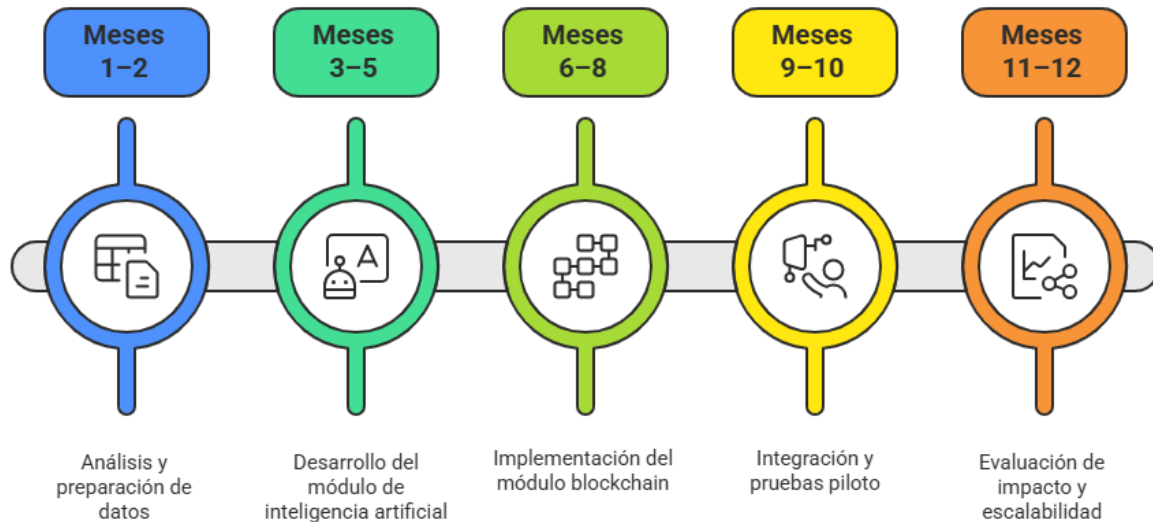
Fase	Duración (Meses)	Objetivo	Actividades Principales	Responsables	Entregables	Impacto Financiero esperado	Indicadores de Éxito
Fase 4. Integración y pruebas piloto	9–10	Integrar ambos módulos y probar el sistema en condiciones reales de obra.	Integración de módulos IA–Blockchain; pruebas piloto y ajustes funcionales.	Equipos de desarrollo, control de calidad y supervisión de obra.	Versión piloto operativa del sistema eTrace IA–Blockchain.	Optimización de costos operativos por detección temprana de desviaciones térmicas y menor desperdicio de concreto.	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento estable \geq 75% del tiempo durante la prueba. • Reducción del 20% en errores de registro y reporte. • Aceptación \geq 85% por parte de usuarios piloto.

Nota: Elaboración propia

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Figura 3

Línea de tiempo para el desarrollo del modelo de integración de inteligencia artificial y blockchain



Nota. Elaboración propia

Consideraciones de sostenibilidad financiera y efectos económicos esperados

Si bien el presente estudio no contempla una evaluación financiera detallada, resulta pertinente analizar de manera prospectiva los posibles impactos económicos asociados a la adopción de inteligencia artificial y blockchain en el producto *eTrace Construction*, en coherencia con los principios de sostenibilidad organizacional.

Desde la perspectiva de costos, la implementación inicial implica inversiones asociadas al desarrollo tecnológico, infraestructura digital y capacitación del equipo. No obstante, estos costos pueden verse compensados en el mediano plazo por la reducción de reprocesos, disminución de errores humanos, optimización en el uso del concreto y mejora en la eficiencia operativa de los proyectos constructivos.

En términos de ahorro, la capacidad predictiva de la inteligencia artificial permite anticipar desviaciones térmicas y fallas potenciales, lo que reduce desperdicios de material,

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

retrasos en obra y costos derivados de correcciones técnicas. Asimismo, el uso de blockchain contribuye a minimizar disputas contractuales y reprocesos administrativos asociados a la falta de trazabilidad o confiabilidad de los datos.

Desde el punto de vista de ingresos, la incorporación de estas tecnologías puede impactar positivamente las ventas del producto *eTrace Construction*, al fortalecer su propuesta de valor, mejorar la percepción de calidad y posicionar a Stratos Group como un proveedor innovador y confiable. Estos factores pueden traducirse en mayor disposición de compra, fidelización de clientes y acceso a proyectos de mayor complejidad técnica.

Finalmente, se identifican riesgos financieros asociados a la adopción tecnológica, tales como la resistencia al cambio, la curva de aprendizaje del mercado y los costos de escalabilidad. No obstante, dichos riesgos pueden ser mitigados mediante una implementación progresiva, pilotos controlados y estrategias de socialización orientadas a demostrar los beneficios técnicos y económicos del modelo propuesto.

Aporte de la investigación

Esta investigación propone un “modelo de integración de inteligencia artificial y blockchain en el sistema *eTrace Construction*, que permitirá transformar los procesos de control de calidad, trazabilidad y toma de decisiones en la construcción.

El aporte radica en demostrar que la “integración de tecnologías emergentes puede generar un sistema más inteligente, transparente y comercialmente competitivo”, alineado con las exigencias de sostenibilidad y digitalización del sector (Wang, Y., 2022).

Discusión y Conclusiones

Discusión

Desde una perspectiva comparativa, los resultados se alinean con las tendencias identificadas en el marco teórico, donde diversos estudios destacan el potencial de la inteligencia artificial para optimizar la predicción de resistencia del concreto y mejorar la eficiencia operativa (Zhang, Yu, & Liu, 2021) y (Zheng, Shui, Xu, Gao, & Zhang, 2023). En este sentido, las respuestas de los participantes evidencian una disposición favorable hacia sistemas automatizados, lo que refleja un proceso de maduración en la aceptación tecnológica dentro del sector construcción. A partir de ello, se constata que la cultura de innovación en este mercado se encuentra en transición hacia modelos basados en datos, abriendo espacio para tecnologías más avanzadas como la IA y las arquitecturas de información distribuida.

En relación con blockchain, los hallazgos muestran que la trazabilidad y la transparencia son percibidas como atributos diferenciadores que fortalecen la confianza en los sistemas digitales, en concordancia con lo planteado por (Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W., 2022) y la (International Organization for Standardization, 2022). Estas percepciones respaldan los supuestos de investigación, sin que ello implique una validación causal o correlacional, dado el carácter exploratorio del estudio. No obstante, se evidencia que la tecnología no solo aporta un componente técnico, sino también reputacional y estratégico, al posicionar a *eTrace Construction* como una solución confiable frente a clientes, interventorías y entes reguladores.

Más allá de los beneficios directos para la empresa, la integración de IA y blockchain tiene implicaciones sociales relevantes para el ecosistema de la construcción. En primer lugar, contribuye a la profesionalización del trabajo en obra, al transformar procesos tradicionalmente basados en experiencia empírica hacia decisiones soportadas en analítica. Esto puede reducir asimetrías de información entre contratistas, interventores y propietarios, promoviendo relaciones contractuales más equilibradas y transparentes.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Adicionalmente, la automatización de la verificación de madurez del concreto y el registro inmutable de eventos constructivos pueden disminuir conflictos legales derivados de fallas estructurales, retrasos o discrepancias técnicas. La trazabilidad certificada se convierte así en un mecanismo de protección para los trabajadores y las comunidades, al reforzar la seguridad de las edificaciones y de la infraestructura pública. Sin embargo, también emergen desafíos sociales asociados a la brecha de competencias digitales y al riesgo de desplazamiento de roles tradicionales, lo que exige políticas de capacitación y reconversión laboral para evitar procesos de exclusión tecnológica.

Desde el punto de vista ambiental, la aplicación de IA y blockchain trasciende la optimización puntual de proyectos y puede incidir en la descarbonización estructural del sector construcción, responsable de una parte significativa de las emisiones globales. La predicción precisa del comportamiento del concreto permite ajustar dosificaciones, evitar especificaciones extras y reducir ensayos destructivos, lo que se traduce en menor consumo de cemento y en la disminución de residuos de obra. La trazabilidad distribuida habilita además esquemas de economía circular, al registrar el origen de materiales, su desempeño y su disposición final, facilitando certificaciones ambientales y modelos de construcción baja en emisiones. A escala urbana, estas tecnologías podrían integrarse con sistemas de gestión de ciudades inteligentes para monitorear el ciclo de vida de las edificaciones, apoyando políticas públicas orientadas al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible 9, 11 y 12. No obstante, debe considerarse el impacto energético asociado al uso de infraestructuras digitales y redes blockchain, lo que plantea la necesidad de adoptar protocolos de bajo consumo y arquitecturas tecnológicas sostenibles.

Desde la perspectiva económica, la digitalización basada en IA y blockchain no solo genera valor para Stratos Group, sino que tiene el potencial de reconfigurar la cadena de valor del concreto y de la construcción. La reducción de reprocesos, reclamaciones y tiempos de

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

espera puede mejorar la productividad agregada del sector, tradicionalmente caracterizado por bajos niveles de eficiencia. Asimismo, la disponibilidad de datos confiables abre oportunidades para nuevos modelos de negocio basados en seguros paramétricos, financiamiento por desempeño y contratación inteligente. Para pequeñas y medianas empresas, estas tecnologías podrían democratizar el acceso a herramientas de control de calidad antes reservadas a grandes contratistas, favoreciendo la competencia y la formalización. Sin embargo, existe el riesgo de concentración de mercado en actores con mayor capacidad de inversión digital, lo que hace necesario promover estándares abiertos e interoperables que eviten dependencias tecnológicas.

La adopción de inteligencia artificial y blockchain implica también una transformación cultural en la forma de gestionar el conocimiento técnico. La toma de decisiones asistida por datos reduce la subjetividad, pero introduce retos éticos relacionados con la gobernanza del algoritmo, la privacidad de la información y la responsabilidad ante fallos automatizados. Resulta indispensable definir marcos de auditoría de modelos predictivos y protocolos de uso responsable que garanticen que la tecnología complemente el criterio profesional.

En conjunto, los resultados sugieren que la convergencia entre IA y blockchain es conceptualmente viable y estratégicamente valorada por los actores consultados, constituyéndose en una base sólida para el diseño del modelo propuesto y para futuras investigaciones de carácter empírico y longitudinal. Más allá del caso de Stratos Group, la evidencia apunta a que estas tecnologías pueden convertirse en palancas de transformación sectorial, siempre que su implementación considere de manera integral los efectos sociales, ambientales y económicos, y se articule con políticas de innovación responsable y desarrollo sostenible.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Conclusiones

El análisis situacional permitió constatar que el sistema *eTrace Construction* cuenta con una alta aceptación tanto de los clientes como del personal interno (más del 90 % de aprobación), quienes destacan su eficacia para el control térmico y predictivo del concreto, sin embargo, se evidenció que, pese a su funcionalidad actual, el sistema aún depende de la interpretación humana en la toma de decisiones y carece de mecanismos automáticos de trazabilidad. Estos datos evidencian que el sistema está en una etapa de madurez tecnológica intermedia, con una base sólida para evolucionar hacia un modelo predictivo inteligente y un registro inmutable de datos, alineado con los principios de la Construcción 4.0.

A partir del diagnóstico situacional y del análisis de resultados, se diseñó un modelo estratégico de integración tecnológica orientado a la sinergia entre IA y blockchain. La IA se proyecta como herramienta clave para el aprendizaje automático a partir de los datos de curado y resistencia, mientras que blockchain garantiza la trazabilidad y seguridad de los registros. Este modelo no solo responde a la necesidad de optimización técnica, sino que también aporta un valor diferencial para Stratos Group al posicionarla como referente en innovación en el mercado latinoamericano. Estos hallazgos confirman la hipótesis de que la integración de tecnologías emergentes puede mejorar la precisión predictiva, aumentar la confianza del cliente y potenciar las ventas del producto *eTrace Construction*.

El plan de implementación estructurado en cinco fases (análisis de datos, desarrollo IA, implementación blockchain, integración piloto y evaluación) permitió establecer una hoja de ruta realista y funcional. Este plan define tiempos, recursos, responsables y entregables específicos, asegurando una transición ordenada y efectiva hacia la adopción tecnológica. El resultado de este ejercicio refleja un enfoque metodológico sólido que responde al objetivo de la investigación, ofreciendo una guía práctica para la modernización digital de Stratos Group y la mejora continua de *eTrace Construction*.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Los resultados del estudio evidencian una aceptación generalizada y una percepción positiva frente a la incorporación de inteligencia artificial y blockchain en el sistema *eTrace Construction*, tanto desde la perspectiva de los clientes como del personal interno. Esta percepción favorable indica que el producto cuenta con una base tecnológica madura y con condiciones organizacionales adecuadas para su evolución hacia un modelo más inteligente y trazable.

En relación con la inteligencia artificial, los participantes consideran que su incorporación podría mejorar la precisión predictiva, reducir errores humanos y optimizar la toma de decisiones en obra, lo cual es consistente con los supuestos planteados y con lo señalado por (Zheng, Shui, Xu, Gao, & Zhang, 2023; Golafshani, Arashpour, & Kashani, 2021), reafirmando que la IA aplicada al control del concreto constituye un avance decisivo en la transformación digital del sector. Sin embargo, estos resultados corresponden a valoraciones perceptuales y no a mediciones empíricas de desempeño técnico.

De manera similar, blockchain es percibido como un mecanismo que fortalecería la confianza, la transparencia y la trazabilidad de los datos, lo cual respalda su pertinencia como componente estratégico del modelo propuesto, sin que ello constituya una validación estadística de causalidad. En coherencia con los estudios de (McNamara & Sepasgozar, 2020), estas percepciones sugieren que blockchain puede consolidarse como un estándar técnico en la gestión de calidad del concreto.

Los hallazgos confirman que la adopción de IA y blockchain no solo generará ventajas operativas, sino también competitivas. El mercado percibe positivamente la integración de tecnologías emergentes como un signo de innovación y diferenciación, lo que se traduce en un potencial aumento de la confianza del cliente y, por ende, en el crecimiento proyectado de las ventas de *eTrace Construction*.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

En conjunto, los resultados y conclusiones demuestran que la integración de IA y blockchain en *eTrace Construction* es viable, necesaria y estratégicamente beneficiosa. Estos datos evidencian que el mercado está preparado para la transformación tecnológica, y que Stratos Group cuenta con las capacidades técnicas y organizativas para liderarla. A partir de ello se constata que la digitalización avanzada del control del concreto aumentará la eficiencia operativa, reducirá los riesgos técnicos y fortalecerá la transparencia en los procesos constructivos, alineando la empresa con las tendencias globales de sostenibilidad e innovación.

Si bien los resultados del estudio aportan evidencia sólida sobre la viabilidad y el impacto positivo de la integración de inteligencia artificial y blockchain en el sistema *eTrace Construction*, es importante reconocer ciertas limitaciones que condicionan el alcance de las conclusiones: La investigación tuvo un enfoque transversal, es decir, se basó en percepciones y valoraciones en un momento determinado, sin medir de forma longitudinal los efectos técnicos, económicos o de desempeño una vez implementadas las tecnologías propuestas; también se identificaron limitaciones técnicas asociadas a la disponibilidad de datos históricos y a la necesidad de adaptar los modelos de inteligencia artificial a diferentes contextos constructivos y condiciones ambientales.

No obstante, estas limitaciones abren oportunidades relevantes para la continuidad y ampliación del estudio. Entre ellas destaca la posibilidad de desarrollar un proyecto piloto que implemente el modelo de integración de inteligencia artificial y blockchain en las obras físicas, lo que permitiría evaluar empíricamente su impacto en la eficiencia operativa, la precisión de las predicciones y la trazabilidad de los procesos. Igualmente, se plantea la oportunidad de realizar estudios longitudinales que midan los beneficios económicos, la rentabilidad de la inversión tecnológica (ROI) y la evolución en la satisfacción del cliente a lo largo del tiempo.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

En términos de sostenibilidad financiera, el modelo propuesto no solo genera beneficios técnicos, sino que también presenta un potencial impacto positivo en la estructura de costos, eficiencia operativa y crecimiento comercial de la organización. La adopción gradual de inteligencia artificial y blockchain permite equilibrar la inversión inicial con beneficios esperados en ahorro, reducción de reprocesos y fortalecimiento de la propuesta de valor, contribuyendo a la sostenibilidad económica de Stratos Group en el mediano y largo plazo.

Por último, como grupo investigador, identificamos una gran oportunidad de aplicación y transferencia tecnológica al implementar este tipo de innovaciones en un producto colombiano como *eTrace Construction*. La experiencia obtenida durante las visitas a las sedes principales de Xiaomi y ZTE en China resultó profundamente enriquecedora, ya que permitió comprender de primera mano los factores que han impulsado el éxito de estas compañías en la adopción de modelos basados en tecnología inteligente, integración digital y ecosistemas colaborativos de innovación.

En el caso de Xiaomi, su modelo de negocio centrado en la interconectividad, la optimización continua mediante inteligencia artificial y el uso de big data demuestra cómo la información puede convertirse en el eje de la mejora constante de los productos. Este enfoque de retroalimentación basada en datos, donde los usuarios y el producto están en comunicación permanente, puede ser adaptado al producto *eTrace Construction* para fortalecer la analítica predictiva del comportamiento del concreto, mejorar los algoritmos de aprendizaje automático y crear un sistema que evolucione a partir del uso real en obra (Ruoran, T., 2024; Wang, Y., 2023).

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

Por su parte, ZTE ofrece un referente de cómo integrar blockchain y soluciones de nube industrial para garantizar trazabilidad, seguridad de la información y coordinación eficiente entre múltiples actores dentro de una cadena productiva. Su modelo de interoperabilidad tecnológica puede ser emulado en el desarrollo del módulo blockchain propuesto, permitiendo que *eTrace* se consolide como una plataforma confiable para el registro inmutable y la certificación técnica de los procesos constructivos (Light Reading, 2023; ZTE Corporation, 2021).

A partir de estas experiencias, se constata que la clave del éxito radica en la sinergia entre innovación tecnológica, gestión del conocimiento y visión estratégica de largo plazo. Adoptar prácticas inspiradas en los modelos de Xiaomi y ZTE tales como la cultura de innovación continua, la integración de ecosistemas de datos y la estandarización de procesos inteligentes, permitirá no solo materializar el modelo propuesto en esta investigación, sino también impulsar el crecimiento del sector tecnológico y de la construcción en Colombia.

Referencias bibliográficas

- Al Azmi, N., Sweis, G., Sweis, R., & Sammour, F. (2022). Exploring implementation of blockchain for the supply chain resilience and sustainability of the construction industry in Saudi Arabia. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su14116427>
- American Concrete Institute. (2021). *ACI 207.1R-21: Guide to Mass Concrete*. Obtenido de ACI 207.1R-21: Guide to Mass Concrete: https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/207.1-21_preview.pdf
- Asosismica. (2010). *NSR-10. Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Obtenido de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente: https://enlegislacion.com/files/susc/cdj/conc/nsr_10.pdf
- ASTM International. (2019). *ASTM C1074-19: Standard practice for estimating concrete strength by the maturity method*. Obtenido de ASTM C1074-19: Standard practice for estimating concrete strength by the maturity method.
- Cámara Valencia. (2024). *Informe de tendencias digitales 2024: Sector construcción*. Obtenido de https://ticnegocios.camaradesevilla.com/wp-content/uploads/2021/02/CONSTRUCCION_Informe-tendencias-digitales-2024.pdf
- Deng, J., Lu, Y., & Lee, V. (2021). Imaging-based crack detection on concrete surfaces using You Only Look Once network. *Structural Health Monitoring*, 20(2).
- Di Schino, A., & Corradi, M. (2020). Construction and building materials. *AIMS Materials Science*. Obtenido de <https://doi.org/10.3934/matricsci.2020.2.157>
- Evergreen. (2020). *Effective data visualization: The right chart for the right data (2nd ed.)*. SAGE Publications.
- Gartner. (2022). *Data and analytics trends: Driving value in uncertain times*. Gartner Research.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

- Golafshani, E., Arashpour, M., & Kashani, A. (2021). Green mix design of rubbercrete using machine learning-based ensemble model and constrained multi-objective optimization. *Journal of Cleaner Production*, 327.
- Healy, K. (2018). *Data Visualization: A Practical Introduction*. Princeton University Press.
- Heydari, M., & Shojaei, A. (2025). *Blockchain applications in the construction supply chain*. *Automation in Construction*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658052500038X?utm_source
- Hong, Y. (2025). *A framework of BIM-IoT application in construction projects*.
- International Organization for Standardization. (2022). *ISO/TR 23244:2022. Blockchain and distributed ledger technologies*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:tr:23244:ed-1:v1:en>
- JMI. (2025). *Termocupla*. Obtenido de <https://www.jmi.com.mx/termocupla/>
- Khurshid, K., Salim, M. U. (2023). *An in-depth survey demystifying the Internet of Things (IoT) in the construction industry: Unfolding new dimensions*. *Sustainability* 15(2), 1275. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su15021275>
- Kim, H., & Cho, J. . (2021). *Artificial intelligence for predicting concrete behavior*. *Automation in Construction*.
- Kosslyn, S. (2020). *Graph Design for the Eye and Mind*. Oxford University Press.
- Light Reading. (4 de 12 de 2023). *ZTE drives industrial innovation with 5G private networks*. *LightReading*. Obtenido de https://www.lightreading.com/5g/zte-drives-industrial-innovation-with-5g-private-networks?utm_source
- McKinsey & Company. (2020). *The age of analytics: Competing in a data-driven world*. McKinsey Global Institute.
- McNamara, A., & Sepasgozar, S. (2020). Developing a theoretical framework for intelligent contract acceptance. *Constr. Innov.* 20 (3). doi:<https://doi.org/10.1108/CI-07-2019-0061>

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO ETRACE CONSTRUCTION

- National Ready Mixed Concrete Association. (2020). *CIP 39 - Madurez del Concreto*. Obtenido de <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP39es.pdf>
- Protech Ingeniería. (2025). *Blockchain en la gestión documental*. Obtenido de https://protechingenieria.com/blockchain-en-la-gestion-documental/?utm_source
- Ruoran, T. (2024). *The analysis of new retail strategy of Xiaomi Company*. *UBRU International Journal of Economic Management & Green Development*. Obtenido de <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/ubruij/article/view/276547/185898>
- Saavedra, L. (21 de Octubre de 2024). *La transformación digital: Un pilar en la evolución del sector de la construcción en Colombia*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/la-transformaci%C3%B3n-digital-un-pilar-en-evoluci%C3%B3n-del-sector-de-wqkde>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2019). Industry 4.0 maturity and transformation. *Procedia CIRP*.
- Sharma, N. (2020). *Ethical Challenges in Big Data: Case Studies and Practical Approaches*. Routledge.
- Valdebenito, R. (2025). *Integrating Artificial Intelligence and BIM in Construction*.
- Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W. (2022). *The outlook of blockchain technology for construction engineering management*.
- Wang, X., Liu, L., Liu, J., & Huang, X. (2022). Understanding the determinants of blockchain technology adoption in the construction industry. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/buildings12101709>
- Wang, Y. (2022). *AI-based optimization in civil engineering*. *Expert Systems with Applications*.
- Wang, Y. (2023). *Research on Xiaomi's business model: Strategies for success*. *International University VNU-HCM*. Obtenido de <https://doi.org/10.54254/2754-1169/126/2024.17820>
- Yontar, E. (2023). The role of blockchain technology in the sustainability of supply chain. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100113>
- Zhang, H., Yu, L., & Liu, J. (2021). Data-driven prediction models for concrete properties: A review of recent studies using machine learning. *Construction and Building Materials*.

ESTRATEGIA PARA LA ADOPCIÓN DE LA IA Y EL BLOCKCHAIN EN EL PRODUCTO
ETRACE CONSTRUCTION

Zheng, W., Shui, Z., Xu, Z., Gao, X., & Zhang, S. (2023). Multi-objective optimization of concrete mix design based on machine learning. *Journal of Building Engineering*, 76.

ZTE Corporation. (22 de 10 de 2021). *ZTE wins the Excellent Solution Case Award for its iCube cloud-network integrated solution*. Obtenido de https://www.zte.com.cn/global/about/news/20211022e2.html?utm_source