

República Dominicana
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
(UTECO)

“Sembrando Oro Para Forjar Futuro”



FACULTAD DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES
Escuela de Ingeniería Civil

Trabajo de Grado Optar por el título de
Ingeniero Civil

Título:

Aplicación De La Ingeniería 4.0 Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De
Infraestructuras Civiles en el municipio de Cotuí

Sustentantes:

Edward Del Orbe Leonardo

Rainer Mateo Belén

Asesor:

Ing. Luís Núñez Hernández

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año 2025

Título:

Aplicación De La Ingeniería 4.0 Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De
Infraestructuras Civiles en el municipio de Cotuí

HOJA DE EVALUACIÓN

Título: Aplicación De La Ingeniería 4.0 Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De Infraestructuras Civiles

Sustentado por: Edward Del Orbe Leonardo y Rainer Mateo Belén

Anteproyecto de Grado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).
Como requisito parcial para obtener Ingeniero Civil

Ing. Luís Núñez Hernández

Miembro de Comité Evaluador

Asesor

Miembro de Comité Evaluador

Miembro del comité evaluador

Director/a Escuela de Ingeniería Civil

Decano de la Facultad de de Ingeniería y Recursos Naturales

Calificación: _____

Cotuí provincia Sánchez Ramírez,

República Dominicana

Octubre 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

República Dominicana

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL

(UTECO)

“Sembrando Oro Para Forjar Futuro”



FACULTAD DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES

Escuela de Ingeniería Civil

Fecha	Agosto	Diciembre	2025
Nombres y apellidos de los sustentantes	Edward Del Orbe Leonardo y Rainer Mateo Belén		
Programa	Ingeniería Civil		
Título del trabajo de investigación de grado	Aplicación De La Ingeniería 4.0 Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De Infraestructuras Civiles		
Modalidad	Presencial		
Declaración del Autor			
Los conceptos emitidos en el presente anteproyecto de grado son responsabilidad de los sustentantes. Las citas, consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la UTECO de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.			

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por darnos la vida, la sabiduría, inteligencia y la fortaleza para llegar al final de este capítulo de nuestras vidas, lo cual es terminar nuestra carrera a pesar de las dificultades y adversidades presentadas en el transcurso de la misma. ¡Gracias padre celestial!

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO):

Por permitirnos desarrollar nuestros conocimientos en todo el tiempo que estuvimos aquí, por proporcionarnos la oportunidad de obtener una excelente preparación académica, para lo cual nos ha preparado para un mundo laboral que cada vez está más competitivo para así ofrecer servicios de calidad.

Al Decano Ing. Juan Antonio Graciano:

Por el gran apoyo que nos ha brindado en los momentos difíciles y sus consejos de motivación que son un arma que llegan a lo más profundo, llevándonos a mejorar y aumentarnos el ánimo de seguir adelante.

Al Director de Carrera: Ing. Manuel Mayobanex Acosta:

Por su apoyo, orientación y dedicación en nuestra formación académica. Su compromiso con la mejora continua, su disposición de brindarnos acompañamiento en cada etapa del proceso formación que ha sido fundamentales para el desarrollo de nuestras competencias profesionales y personales.

A Nuestro Asesor: Ing. Luis Manuel Núñez

Por su apoyo y disposición a la hora de solicitar su ayuda y ser un facilitador de herramientas de aportes para este trabajo de grado y crecimiento académico.

Edward Del Orbe Leonardo

Rainer Mateo Belén

DEDICATORIAS

A Dios nuestro señor:

Por darme la vida, la fortaleza, el conocimiento y la convicción necesarias para alcanzar uno de los objetivos más importantes de mi vida, Su gracia y guía fueron fundamentales en cada etapa del proceso, me siento verdaderamente bendecido y agradecido por haber contado con su ayuda día tras día y en los momentos buenos y malos.

A mis padres:

De todo corazón a mis padres, Sunilda Leonor Leonardo Grullón y José Elías Del Orbe Castaño, por apoyarme siempre desde mis primeros pasos y darme la formación que hoy en día presento nada de esto sería posible sin ellos. Su dedicación y compromiso han sido invaluable siendo mi mayor ejemplo de perseverancia y amor incondicional. Su paciencia y respaldo me han dado fortaleza necesaria para enfrentar los desafíos y superar los obstáculos en mi camino.

A mis hermano/as:

A mi querido hermano Aneudy Castaño Duran, a mis hermanas Jasmin Del Orbe Leonardo y Laura Del Orbe Leonardo, quienes han sido una fuente constante de apoyo y motivación durante mi trayecto de este proyecto, con su presencia y ánimo inquebrantable han sido las estrellas de luz en los momentos desafiante y difíciles.

Al Ing. Cesar Núñez:

Le dedico este proyecto de grado, a quien, con profundo aprecio, me ha inspirado a comprender que un ingeniero debe encarar y simbolizar la excelencia en todos los ámbitos, actuando con integridad, compromiso y vocación de servicio. Constituyéndose en un ejemplo digno de seguir, que permanecerá como guía en mi vida personal.

A mis compañeros de estudio:

Les dedico a mis compañeros de estudio, Joendy Batista, Eslainy Pimentel Contreras y Francis Enrique De La Cruz Otáñez, con quienes he compartido risas, desafíos y aprendizajes invaluable. Nuestro espíritu de colaboración y esfuerzo ha sido un pilar fundamental en mi desarrollo como estudiante y persona. Juntos sobrepasamos obstáculos, fortaleciendo nuestras

debilidades y celebrando nuestro éxito. No puedo expresar lo agradecido que estoy por haberlos conocido y compartido esta experiencia de tener su amistad condicional en cada etapa de este proyecto.

A mi compañero de tesis:

Rainer Mateo Belén, juntos hemos enfrentado desafíos, superado obstáculos y compartido inolvidables momentos de investigación. Agradezco su dedicación y amparo en este camino. ¡El éxito es nuestro!

Edward Del Orbe Leonardo

DEDICATORIAS

A Dios: Por concederme la oportunidad de alcanzar esta meta tan anhelada, facilitarme los medios para lograrla y hacer de mí la persona que soy.

A mis padres, Maritza Belén Belén y Octavio Mateo: Lleno de regocijo, amor y esperanza, les dedico esta tesis. Ustedes han sido mis pilares y mi motivación para seguir siempre por el buen camino. Son mi mayor orgullo y ejemplo. Es para mí una inmensa satisfacción dedicarles este título que, con tanto esfuerzo, esmero y trabajo, he conseguido.

A mi hermano, Ányelo Mateo Belén: Gracias por confiar siempre en mí y ser un apoyo fundamental en este camino hacia mi meta.

A Yasmín Esther Heredia Belén: Gracias por tu apoyo incondicional. Incluso en los momentos en que me sentía desanimado, siempre estuviste ahí, motivándome y aconsejándome para no rendirme.

A Jeffry Belén: Gracias por tu respaldo desde el principio, tanto en lo personal como en lo económico. No tengo palabras suficientes para agradecer todo lo que hiciste para que yo lograra convertirme en Ingeniero Civil. Te dedico este título porque siempre dijiste que "sí", impulsándome cada día hasta cumplir este sueño.

A mis tíos, las familias Sánchez y Flores: Gracias por estar siempre conmigo, por su apoyo en los momentos difíciles de la carrera y por su eterna disposición. Recuerden que siempre los llevo en el corazón.

A Liajbell Vásquez: Agradezco profundamente tus palabras de aliento en mis días grises. Cuando sentía que no podía seguir, siempre estuviste ahí motivándome y confiando en mí.

A mis amigos más cercanos: Jean Carlos Bautista Abad, Lorgio Núñez y Diomar Pérez M. Asimismo, dedico este trabajo a ustedes por no permitirme caer ni desistir a lo largo del trayecto. Gracias de igual forma a todos los que estuvieron conmigo en los momentos difíciles, colaborando para que este logro fuera posible.

Rainer Mateo Belén

RESUMEN

Este trabajo de grado tuvo como objetivo analizar el panorama actual de la aplicación de la Ingeniería 4.0 como estrategia para el desarrollo sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí, abordando la problemática de la brecha entre la demanda de sostenibilidad y la limitada adopción tecnológica en el sector de la construcción local. La metodología empleada fue de tipo descriptivo con un enfoque propositivo, apoyándose en la aplicación de un instrumento de recolección de datos (cuestionario) dirigido a actores del sector (ingenieros, constructores y académicos) para evaluar el nivel de madurez digital y las percepciones sobre las tecnologías 4.0. Los resultados concluyeron que el sector exhibe un nivel de madurez digital incipiente, mostrando una baja adopción crítica de herramientas como BIM e IoT debido principalmente a la falta de apoyo institucional y de talento calificado. Para revertir esta situación y capitalizar las oportunidades de optimización de procesos y eficiencia energética, el estudio propone un marco estratégico basado en incentivos municipales, alianzas académicas de capacitación (*Lean Construction Sostenible*) y la implementación de sistemas de monitoreo IoT para la gestión de la sostenibilidad post-construcción.

Palabras Clave: Ingeniería 4.0, Desarrollo Sostenible, Municipio de Cotuí

ÍNDICE

HOJA DE EVALUACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIAS	vi
DEDICATORIAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.0 Introducción al capítulo.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Antecedentes Nacionales.....	1
1.1.2 Antecedentes Internacionales	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.2.1 Formulación del problema.....	3
1.2.2 Sistematización del problema.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos de la Investigación	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Matriz de Categorizaciones	5
1.6 Definición de términos	7
1.7 Alcance y límites de la investigación.....	8
1.8 Marco Contextual.....	9
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.0 Introducción al capítulo.....	11
2.1. Marco Teórico	11
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	17
3.1 Introducción al Capítulo.....	17
3.2 Diseño y tipo de estudio	17

3.3 Enfoque investigativo.....	17
3.4 Tipo de investigación	17
3.5 Población y muestra	18
3.6 Criterios de inclusión y exclusión	18
3.6.1 Criterios de Inclusión.....	18
3.6.2 Criterios de Exclusión	18
3.7 Técnica e instrumento de investigación	18
3.8 Validez y confiabilidad del instrumento	19
3.9 Procedimientos de la investigación	19
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	20
4.1 Presentación de los resultados.....	20
4.1.1 Presentación de los resultados del objetivo “Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles”	20
4.1.2 Presentación de los resultados del objetivo “Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”	21
4.1.3 Presentación de los resultados del objetivo “Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí”	22
4.2 Análisis de los Resultados.....	23
4.2.1 Análisis de los resultados del objetivo “Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles”	23
4.2.2 Análisis de los resultados del objetivo “Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”	24
4.2.2 Análisis de los resultados del objetivo “Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí”	25
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
5.1 Conclusiones	27
5.1.1 Conclusión del objetivo “Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles”	27
5.1.2 Conclusión del objetivo “Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”	27

5.1.3 Conclusión del objetivo “Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí”	28
5.2 Recomendaciones.....	29
REFERENCIAS.....	30

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la ingeniería civil atraviesa una etapa de transformación impulsada por la Cuarta Revolución Industrial. Este nuevo paradigma, conocido como Ingeniería 4.0, no solo redefine las metodologías de diseño y construcción, sino que integra tecnologías avanzadas, como el modelado BIM, el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial, con un el propósito de elevar la eficiencia, precisión y resiliencia de las obras. Asimismo, esta evolución tecnológica responde a una urgencia global alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la cual obliga al sector a transitar hacia un desarrollo más consciente, donde las infraestructuras minimicen su huella ecológica y garanticen un impacto social positivo.

Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de estas herramientas en el mercado global, su adopción en países en vías de desarrollo enfrenta barreras. Específicamente en el casco urbano del municipio de Cotuí, República Dominicana, la realidad es que el sector de la construcción ha operado históricamente bajo esquemas tradicionales. Esta situación deriva en ineficiencias operativas y altos niveles de desperdicio, lo que no solo amplía la brecha de competitividad de la región, sino que restringe su potencial para evolucionar hacia un modelo de ciudad inteligente y sostenible.

La problemática se agudiza al observar el crecimiento urbano de Cotuí frente a una notable ausencia de información contextualizada. Actualmente, no existe un diagnóstico claro sobre la madurez digital de las empresas locales ni de las instituciones académicas. Por ello, la falta de datos y la ausencia de una hoja de ruta tecnológica dificultan la creación de políticas públicas efectivas y programas de formación que permitan al sector afrontar los desafíos de la próxima década.

En respuesta a este escenario, la presente investigación tiene como objetivo central analizar la aplicación de la Ingeniería 4.0 como una estrategia para el desarrollo sostenible en Cotuí. El estudio busca examinar el panorama actual y las percepciones de los distintos actores para identificar tanto las limitaciones como las oportunidades que permitan acelerar esta transición digital. Para lograrlo, se ha empleado una metodología descriptiva con un enfoque propositivo, utilizando instrumentos que permiten obtener una visión empírica y real del estado de la cuestión.

Finalmente, para facilitar una comprensión lógica y progresiva del tema, este trabajo de grado se estructura de la siguiente manera: el Capítulo I establece las bases con el planteamiento del problema y los objetivos; el Capítulo II desarrolla el sustento teórico; el Capítulo III detalla el diseño metodológico; el Capítulo IV presenta y discute los hallazgos obtenidos; y el documento cierra con un capítulo final donde se sintetizan las conclusiones y se proponen las acciones estratégicas a seguir.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.0 Introducción al capítulo

Este capítulo inicial establece las bases de la investigación, partiendo de los antecedentes nacionales e internacionales sobre la Industria 4.0 para contextualizar el planteamiento del problema: la brecha entre la creciente demanda de infraestructura sostenible en el casco urbano del municipio de Cotuí y la escasa adopción tecnológica de su sector constructor local. A partir de esta problemática, se articulan la justificación, los objetivos, las preguntas de investigación y el alcance del proyecto, ofreciendo un panorama completo que enmarca el estudio en su contexto específico y sienta las bases para su desarrollo.

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes Nacionales

Abreu Tejada (2024), realizó un estudio titulado *Implicaciones de la industria 4.0 en el perfil de egreso de los ingenieros industriales en República Dominicana*, en el cual analizó las consecuencias de la cuarta revolución industrial en la formación de los ingenieros industriales dominicanos. El estudio, fue de alcance exploratorio y descriptivo, utilizó un diseño no experimental y de corte transversal, recolectando datos a través de cuestionarios y entrevistas a docentes y empleadores. Los resultados revelaron una brecha entre los conocimientos que se imparten en la carrera y las competencias requeridas por la Industria 4.0. La autora concluyó que es necesario fortalecer la capacitación de los docentes y modernizar la infraestructura tecnológica de las universidades para que el perfil de los egresados se alinee con las demandas actuales del sector industrial.

1.1.2 Antecedentes Internacionales

Franco et al. (2023), en su estudio *Construcción 4.0 en la transformación de la gestión integral de proyectos con innovación tecnológica* tuvieron como objetivo principal interpretar el estado actual de la implementación de la Construcción 4.0 y sus impactos en diferentes regiones, con un enfoque particular en Ecuador y Latinoamérica. La metodología utilizada fue mixta, combinando revisión bibliográfica, análisis documental y de datos para comparar la adopción y eficacia de esta tecnología en China, Europa, Estados Unidos, Latinoamérica y Ecuador. Se concluyó que si bien la construcción 4.0 es necesaria para transformar la industria en Ecuador, la

carencia de políticas públicas específicas, escasez de recursos para inversión, acompañada de la resistencia al cambio, son de las principales problemáticas que requieren apoyo.

En una línea de investigación similar, Villena Manzanares et al. (2020) exploraron el paradigma de la "Construcción 4.0" y su tránsito hacia la sostenibilidad. Su objetivo principal consistió en analizar la industrialización del sector bajo el prisma de la Cuarta Revolución Industrial, reflexionando sobre cómo este enfoque contribuye genuinamente a los principios del desarrollo sostenible. Para fundamentar su análisis, los autores llevaron a cabo una revisión de la literatura existente, lo que les permitió establecer las bases teóricas necesarias para examinar la integración de metodologías clave como el *Lean Construction* y el *Building Information Modeling* (BIM). A partir de esta revisión, el estudio concluye que la implementación de la Construcción 4.0 representa una solución técnica viable y altamente eficiente. De hecho, se demostró que este modelo ofrece una flexibilidad superior que no solo reduce significativamente los tiempos y costos de ejecución, sino que también eleva la productividad garantizando un mayor respeto por el medio ambiente.

Asimismo, Zabala-Vargas y Jaimes Quintanilla (2025), en su estudio titulado *Tecnologías 4.0 (IoT y ciencia de datos) orientada a optimizar la gestión de proyectos de construcción*, tuvieron como objetivo principal establecer los niveles de apropiación de tecnologías emergentes, específicamente la ciencia de datos y el Internet de las Cosas (IoT), en la gestión de proyectos del sector de la construcción en Colombia. La metodología utilizada fue de tipo cuantitativo, centrada en una exhaustiva revisión de literatura y el análisis del nivel de madurez tecnológica en 97 empresas del sector. La conclusión principal del estudio fue que, si bien el sector de la construcción en Colombia aún tiene un camino significativo por recorrer en la incorporación de estas tecnologías, existe un alto interés y una clara disposición por parte de las empresas y la comunidad académica para aplicarlas en las diferentes áreas de la gestión de proyectos, como costos, calidad, tiempos y riesgos.

1.2 Planteamiento del problema

En el casco urbano del municipio de Cotuí, municipio cabecero de la provincia Sánchez Ramírez, ha generado gran demanda en el sector de infraestructura, debido a desarrollo que han mostrado las zonas urbanas y la economía. Sin embargo, el sector de la construcción local aún trabaja con esquemas tradicionales, lo que ha evidenciado una escasez de herramientas tecnológicas, especialmente de la Ingeniería 4.0. Lo que coloca al municipio en una posición vulnerable frente al acelerado avance de los desafíos de sostenibilidad y eficiencia.

En este orden, esta problemática podría manifestarse mediante diversas fallas operativas y de gestión; donde es frecuente que los proyectos de infraestructura se realicen con sobrecostos, retrasos y un uso ineficiente de los materiales y recursos disponibles. De igual modo, la adopción de herramientas tecnológicas como el Building Information Modeling (BIM) y el Internet de las Cosas (IoT) es muy escasa, lo que obstaculiza la toma de decisiones y no optimiza la vida útil de las obras. A esto se suma la falta de políticas públicas que regulen y promuevan la incorporación de estas tecnologías en el sector, lo que se ve agravado por la insuficiente capacitación técnica de los profesionales locales y por una palpable resistencia al cambio.

Como lo sostiene una investigación de ResearchGate (2024), “la falta de conocimiento técnico y la resistencia al cambio son barreras, a pesar del potencial para mejorar la eficiencia en términos de tiempo y costo”. En ese orden, la problemática central reside en la disociación entre la necesidad de un desarrollo urbano sostenible en el casco urbano del municipio de Cotuí y la capacidad del sector de la construcción para innovar y adaptarse a las exigencias tecnológicas de la era actual.

1.2.1 Formulación del problema

¿Cuál es el panorama actual de la Aplicación De La Ingeniería 4.0 Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De Infraestructuras Civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí en el casco urbano del municipio de Cotuí?

1.2.2 Sistematización del problema

¿En qué medida se están implementando herramientas digitales como BIM, IoT e impresión 3D en los proyectos de construcción civil del municipio de Cotuí?

¿Cuáles son las principales limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí?

¿Qué estrategias se pueden proponer para vincular la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras civiles en el municipio?

1.3 Justificación

Este estudio es importante porque tiene la finalidad de analizar cómo se está aplicando la Ingeniería 4.0 en el casco urbano del municipio de Cotuí, un contexto marcado por el crecimiento urbano acelerado, la limitada planificación y la baja integración de tecnologías digitales en la construcción. Condiciones que han dado espacio para proyectos de infraestructura con sobrecostos, retrasos y un uso ineficiente de los materiales y recursos disponibles, lo que impulsa a generar un diagnóstico que permita redireccionar el sector hacia procesos más eficientes y responsables.

Esta investigación es estratégica porque no solo conecta la tecnología con la gestión pública, sino que, a la vez, sirve como puente para unir a las autoridades, las empresas y la universidad, creando una cultura de innovación. Ya que solo se trata de ser más productivo y estar preparados ante los retos climáticos y sociales de hoy.

En definitiva, los beneficiarios serían: los ingenieros y constructores locales, autoridades municipales y estudiantes y académicos de UTECO, quienes contarán con herramientas prácticas para innovar en un mundo globalizado que crece a pasos agigantados. Asimismo, de manera indirecta, la población de Cotuí se verá favorecida con infraestructuras más seguras, modernas y sostenibles, lo que repercute en una mejor calidad de vida y en la proyección del municipio como un territorio preparado para los desafíos del futuro.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar el panorama actual de la Aplicación De La Ingeniería 4.0 Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De Infraestructuras Civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí en el casco urbano del municipio de Cotuí.

1.4.2 Objetivos específicos

Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles

Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí

Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí

1.5 Matriz de Categorizaciones

Objetivo Específico	Categoría	Subcategorías	Subcategorías
Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la	Ingeniería 4.0 Aplicada	- Herramientas BIM	- Frecuencia de uso del BIM en fases de diseño y planificación. - Software de BIM más utilizado - Nivel de capacitación en el uso del BIM.
		- Internet de las Cosas (IoT) y Sensores	- Uso de sensores para monitoreo de estructuras o seguridad en obra.

construcción de obras civiles.			- Aplicación de drones o equipos de topografía inteligente.
		- Fabricación Avanzada (Impresión 3D)	- Exploración o uso de impresión 3D para prototipos o elementos constructivos.
Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible.	Factores de Adopción Tecnológica	- Limitaciones	- Costo inicial de la inversión tecnológica. - Falta de políticas públicas de promoción. - Insuficiente oferta de capacitación local.
		- Oportunidades (Facilitadores)	- Potencial para optimizar tiempos y reducir costos. - Interés del sector académico y nuevos profesionales. - Mejora de la imagen de competitividad.
Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco	Desarrollo Sostenible impulsado por Tecnología	- Estrategias de Innovación y Sostenibilidad	- Propuestas para la capacitación de profesionales (cursos/talleres).

urbano del municipio de Cotuí.			- Recomendaciones de políticas públicas municipales.
--------------------------------	--	--	--

1.6 Definición de términos

Ingeniería 4.0: “Es la digitalización de la ingeniería mediante tecnologías como IA, IoT y Big Data para crear una industria interconectada y autónoma, en línea con los principios de la Cuarta Revolución Industrial” (Schwab, 2016).

Infraestructura Civil: “Conjunto de sistemas y obras públicas esenciales, como carreteras, puentes y redes de agua, que son cruciales para el funcionamiento y desarrollo de una sociedad” (American Society of Civil Engineers [ASCE], s.f.).

Construcción Sostenible: “Es un enfoque para diseñar, construir y operar edificios de forma respetuosa con el medio ambiente” (Kibert, 2016).

BIM (Building Information Modeling): “Modelo digital inteligente que reúne toda la información del proyecto en un solo lugar. Esto ayuda a que todos colaboren mejor, sean más eficientes y tomen decisiones más rápidas (Eastman et al., 2011)”.

IoT (Internet of Things): “Consiste en objetos físicos que tienen sensores y se conectan a internet. Estos aparatos “hablan” entre sí intercambiando datos” (Gartner, s.f.).

Inteligencia Artificial (IA): “Es una rama de la informática que crea sistemas capaces de actuar como la mente humana” (Russell & Norvig, 2021).

Big Data: “Montañas gigantescas de datos que llegan muy rápido y de muchas formas distintas. Son volúmenes tan grandes que necesitan tecnología especial para procesarlos. El objetivo es analizar todo ese caos para encontrar información” (Manyika et al., 2011).

Impresión 3D: “Proceso de crear objetos tridimensionales poniendo material capa sobre capa, permitiendo la creación de formas complejas con menos desperdicio de material” (ASTM International, 2012).

Planificación Urbana: “Proceso técnico y político que gestiona el uso del suelo y el diseño del entorno urbano para guiar un crecimiento ordenado y mejorar la calidad de vida comunitaria” (Jacobs, 1961).

Economía Circular: “Modelo económico diseñado para ser restaurador y regenerativo, que busca mantener los productos, componentes y materiales en su máximo valor y utilidad en todo momento” (Ellen MacArthur Foundation, s.f.).

Innovación Tecnológica: “Implementación de un producto, servicio o proceso nuevo o significativamente mejorado, basado en la tecnología, que aporta valor al mercado o a la organización” (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2018).

LIDAR: Según Zubizarreta Gisasola (2018):

Define al LIDAR como una tecnología de teledetección óptica que utiliza la luz de un láser pulsado para obtener mediciones de las coordenadas X, Y, Z del terreno.

LEED: Según U.S. Green Building Council (2021), es un programa de certificación de edificios verdes reconocido internacionalmente. Es un sistema de clasificación (rating system) basado en puntos que proporciona un marco para que los proyectos de construcción y las comunidades diseñen, construyan, mantengan y operen edificios que sean saludables, altamente eficientes y que ahorren costos.

1.7 Alcance y límites de la investigación

Delimitación espacial:

La investigación se enfocó exclusivamente en el sector de la construcción de infraestructuras civiles dentro de los límites geográficos del municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez.

Delimitación temporal:

El estudio analizó el panorama actual del sector, recopilando datos y percepciones durante el período comprendido entre septiembre-diciembre 2025

Alcance investigativo:

Esta investigación tiene como objetivo analizar el panorama actual de la Aplicación De La Ingeniería 4.0 Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De Infraestructuras Civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí en el casco urbano del municipio de Cotuí. Se identificarán las tecnologías en uso, las barreras y oportunidades existentes, y se propondrán estrategias para fomentar la innovación en el sector local.

1.8 Marco Contextual

La historia de la actual provincia Sánchez Ramírez comienza con la de su municipio cabecera, Cotuí. Antes de la llegada de los españoles, en el lugar existía una comunidad indígena llamada Cotoi, que correspondía a un Nitaíno del Cacicazgo de Maguá. La región era ya conocida por su gran riqueza aurífera, explotada por los taínos (Ayuntamiento Municipal de Cotuí, s.f.).

Atraídos por la abundancia de oro, los conquistadores españoles fundaron una villa sobre los vestigios de la comunidad indígena en 1505. Según el historiador cotuisano Francisco A. Rincón en su obra «La Mejorada Villa del Cotuy», esta fue la décima de las 17 villas que mandó a poblar el comendador Frey Nicolás de Ovando, gobernador de la isla. El nuevo asentamiento fue bautizado con el mismo nombre, Cotuí, y la población indígena fue esclavizada para la extracción del metal precioso (Rincón, s.f., citado en la información proporcionada; Cassá, 2003).

Pocos años después, la villa ya mostraba características de una pequeña ciudad. El historiador vegano Mario Concepción, en su libro «La Concepción de La Vega», atribuye al controvertido personaje Álvaro de Castro la construcción de la primera iglesia de Cotuí y la celebración de la primera misa (Concepción, s.f., citado en la información proporcionada).

La prosperidad inicial, dependiente casi exclusivamente del oro, comenzó a decaer a mediados del siglo XVI debido al agotamiento de las minas superficiales y el colapso demográfico de la mano de obra indígena (Moya Pons, 2010). El golpe definitivo a la villa original llegó con un devastador terremoto en 1562, que la destruyó por completo (Ayuntamiento Municipal de Cotuí, s.f.).

Durante siglos, Cotuí fue una comunidad rural con una economía de subsistencia. Desde la fundación de la República en 1844, perteneció administrativamente a la provincia de La Vega. No fue hasta el 18 de junio de 1945 que fue transferido como municipio a la provincia Duarte.

Finalmente, el 3 de marzo de 1952, mediante la Ley N.º 3209, se creó la provincia Sánchez Ramírez, designando a Cotuí como su municipio cabecero. El nombre honra al héroe de la Reconquista, el brigadier Juan Sánchez Ramírez, oriundo de la región (Congreso Nacional de la República Dominicana, 1952). Según datos del Censo 2022 de la República Dominicana,

el municipio de Cotuí, capital de la provincia Sánchez Ramírez, cuenta con una población aproximada de 84,193 habitantes. La provincia en su totalidad suma alrededor de 151,179 residentes, consolidando a la zona como un área de importancia agrícola y minera en la región.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.0 Introducción al capítulo

Este capítulo presenta las bases teóricas y conceptuales que sustentan la presente investigación. El objetivo es definir y analizar los pilares fundamentales que conectan la Ingeniería 4.0 con el desarrollo sostenible de las infraestructuras civiles, proporcionando el contexto necesario para comprender el problema de estudio

2.1. Marco Teórico

2.1.1 Herramientas BIM (Building Information Modeling)

Las herramientas BIM son aplicaciones de software que permiten la creación y gestión de modelos de información digital de una edificación o infraestructura. A diferencia del diseño tradicional (CAD), que se limita a dibujar líneas y círculos, las herramientas BIM trabajan con objetos inteligentes. Esto significa que cada elemento, ya sea un muro o una ventana, no es solo una imagen en 3D, sino una pieza que guarda datos sobre sus materiales y funciones. Como bien explican Eastman et al. (2011), la verdadera magia aquí no es solo ver el modelo tridimensional, sino aprovechar esa “I” de Información, que es el centro de esta metodología.

Autores como Sacks sostienen que el éxito del BIM depende menos del software específico y más de la reorganización de los procesos y la cultura colaborativa. Desde este punto de vista, las herramientas son solo un “habilitador”, y el verdadero desafío es la transformación socio-organizacional que implican. Sacks, Messner, y otros afirman que “BIM no es un tipo de tecnología por sí misma, sino más bien un conjunto de tecnologías, procesos y políticas que, aplicadas de manera conjunta, permiten a múltiples actores colaborar” (Sacks et al., 2018, p. 23).

2.1.2 Frecuencia de Uso del BIM en Fases de Diseño y Planificación

La metodología BIM altera fundamentalmente la distribución del esfuerzo a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. Tradicionalmente, la carga de trabajo y el detalle de la información aumentan progresivamente, alcanzando su punto máximo en la fase de construcción. BIM, en cambio, promueve un enfoque de “carga frontal” (front-loading), donde se invierte un mayor esfuerzo en las etapas tempranas de diseño y planificación. Este principio se visualiza

perfectamente en la Curva de MacLeamy, un influyente diagrama que demuestra que la capacidad de influir en los resultados de un proyecto es máxima al principio, mientras que el costo de realizar cambios es mínimo.

El propósito central del BIM en la etapa de diseño es optimizar cada recurso disponible. Al construir un modelo digital detallado desde el inicio, los equipos pueden anticiparse a los problemas. Según Saka y Chan (2020), esta anticipación permite realizar análisis de costos y estructura antes de colocar un solo ladrillo en la obra. De este modo, el modelo virtual sirve para detectar conflictos graves, como una tubería que cruza una viga, y resolverlos en la pantalla. Esto traslada el esfuerzo principal al comienzo del proyecto, donde hacer cambios es mucho más rápido y económico.

No obstante, llevar este ideal a la práctica no es sencillo. A menudo surgen barreras culturales que frenan la adopción completa de la metodología. Olanrewaju y su equipo (2022) advierten que, pese a las ventajas, la industria se resiste a invertir recursos extra en las fases de diseño. Los contratos tradicionales rara vez premian ese trabajo anticipado. Por ello, muchas empresas terminan usando el BIM solo para visualizar formas en 3D, desperdiciando su capacidad de análisis. El resultado es que muchas organizaciones se estancan en niveles básicos de madurez, sin lograr una colaboración real.

2.1.3 Software de BIM más Utilizado

El software BIM más utilizado es Autodesk Revit, su popularidad radica en el enfoque multidisciplinario, que permite a arquitectos e ingenieros colaborar de forma concurrente en un único modelo centralizado. La hegemonía de Revit se explica por su ecosistema integrado, que reduce problemas de coordinación. La plataforma funciona como una base de datos central donde los usuarios diseñan en 3D y acceden a toda la información del proyecto, siendo “una plataforma de base de datos que permite a los usuarios diseñar un edificio y sus componentes en 3D” (Krygiel et al., 2011, p. 18).

Sin embargo, este dominio del mercado ha generado un debate sobre los llamados “ecosistemas cerrados”. Frente a esto surge la propuesta del “OpenBIM”. Como explican Borrmann y su equipo (2021), este enfoque utiliza estándares universales, como el formato IFC,

para asegurar que la información no quede atrapada en un solo software. Software como ArchiCAD promueve esta visión. El objetivo principal es la flexibilidad. De acuerdo con Lai y Deng (2021), este modelo permite romper barreras y fomenta la competencia sana. Su gran ventaja radica en la libertad: los equipos de trabajo pueden elegir la herramienta más adecuada para cada tarea específica, en lugar de verse forzados a usar una sola marca para todo.

2.1.4 Nivel de Capacitación en el Uso del BIM

Adoptar BIM exige mucho más que simplemente aprender a manejar un software nuevo; requiere una verdadera transformación de las habilidades profesionales. Se trata de entender procesos de trabajo colaborativo y saber gestionar información compleja. Todo esto supone una curva de aprendizaje bastante pronunciada para los expertos del sector. Desde el punto de vista académico, el obstáculo más grande es la falta de gente preparada. La formación es indispensable para que la industria madure digitalmente. En este sentido, Arayici et al. (2011) confirman que “la falta de experiencia y la escasez de personal capacitado son consistentemente citadas como barreras críticas” (p. 294) para lograr que esta metodología se implemente con éxito.

2.1.5 Internet de las Cosas (IoT) y Sensores

El Internet de las Cosas (IoT) funciona como una gran red de objetos físicos equipados con sensores. Estos dispositivos se conectan a internet para compartir datos entre sí. Su aplicación más destacada se encuentra en el Monitoreo de la Salud Estructural (SHM). Aquí, los sensores instalados en puentes o edificios miden variables críticas al instante. Como explican Toka et al. (2020), el uso de esta tecnología impulsa un cambio decisivo: permite abandonar el mantenimiento preventivo tradicional (basado solo en el calendario) para adoptar un mantenimiento predictivo, que actúa basándose en la condición real y actual de la estructura.

2.1.6 Uso de Sensores para Monitoreo en Obra

El uso de sensores para el monitoreo en obra consiste en desplegar dispositivos electrónicos que capturan datos físicos del proyecto en tiempo real. A diferencia de las inspecciones visuales de antes, esta tecnología permite una vigilancia constante y automática. Se controlan aspectos clave como el estado de los materiales, el movimiento de la maquinaria y las condiciones

ambientales. Básicamente, se trata de digitalizar lo que ocurre en el terreno para no perder ningún detalle. Como definen Olu-Ajayi et al., (2022), esta integración tecnológica tiene el poder de “transformar un sitio de construcción estático en un entorno dinámico y consciente de los datos”.

2.1.7 Aplicación de Drones y Topografía Inteligente

La topografía ha dado un giro radical gracias a los drones y el escaneo láser (LiDAR). Estas tecnologías permiten capturar datos del terreno con una resolución altísima, de forma rápida y segura. Son herramientas esenciales para crear réplicas digitales exactas, tanto del suelo natural como de las obras ya construidas, lo que se conoce como “as-built”. El mayor beneficio aquí es la eficiencia. Un dron puede levantar un mapa completo en cuestión de minutos, generando nubes de puntos y modelos 3D que antes requerían semanas de trabajo. En este sentido, Olsen (2018) destaca que estas soluciones “proporcionan una representación digital completa y precisa del sitio” (p. 256). Gracias a esa precisión, hoy es posible llevar un control del progreso de la obra mucho más estricto y detallado que nunca.

2.2 Factores de Adopción Tecnológica

La decisión de adoptar nuevas tecnologías en el sector de la construcción no es un proceso lineal, sino que está influenciada por un conjunto de fuerzas que actúan como barreras o como impulsores. Estos factores pueden ser económicos, organizacionales, educativos o políticos. Entender este balance es crucial para diagnosticar el estado de madurez tecnológica de un sector local y proponer estrategias efectivas para su modernización.

2.2.1 Barreras para la Adopción

En primera instancia, el alto costo inicial para adquirir software, hardware y la formación necesaria es una de las barreras más citadas, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (PYMES). Como lo confirman diversos estudios, “el alto costo de la implementación de BIM es una de las barreras más significativas que impiden su adopción, particularmente entre las empresas más pequeñas que no pueden justificar el gasto” (Aibinu & Venkatesh, 2014, p. 110).

De igual manera, la ausencia de un mandato gubernamental o de políticas públicas que incentiven la adopción de nuevas tecnologías deja la decisión enteramente a la voluntad del

mercado. En muchos países, los gobiernos han actuado como catalizadores al exigir el uso de BIM en proyectos públicos. La falta de este impulso institucional frena la estandarización y la adopción masiva, ya que “la falta de apoyo y regulación por parte del gobierno es un obstáculo importante, pues el sector público puede desempeñar un papel crucial en la promoción de la innovación en la construcción” (Rogers, 2010, p. 204).

Potencial para Optimizar Tiempos y Reducir Costos En lo que respecta a las oportunidades, el principal motor para la adopción tecnológica es la promesa de una mayor eficiencia y rentabilidad.

2.2.2 Desarrollo Sostenible Impulsado por Tecnología

El desarrollo sostenible busca un equilibrio difícil: crecer económicamente, ser justos socialmente y proteger el medio ambiente. En este desafío, la Ingeniería 4.0 se convierte en un aliado estratégico. Las tecnologías digitales no son el objetivo final, sino el medio para lograrlo. Gracias a ellas, podemos construir infraestructuras más eficientes, resistentes y con menor daño ecológico. La integración de herramientas como el BIM y el IoT cambia las reglas del juego. Nos permite dejar de reaccionar ante los problemas para empezar a prevenirlos, optimizando así el uso de cada recurso.

La innovación debe comenzar desde el primer boceto. Una estrategia clave es utilizar BIM para analizar el ciclo de vida del proyecto en sus etapas iniciales. Esto nos permite evaluar el impacto ambiental completo, desde que se extraen los materiales hasta que el edificio se demuele. Con esa información, es posible tomar decisiones inteligentes para reducir la huella de carbono. Como señala Azhar (2011), la tecnología facilita “simular el rendimiento energético del edificio, optimizar el uso de la luz natural y seleccionar materiales de bajo impacto ambiental” (p. 245) mucho antes de iniciar la construcción.

Esta búsqueda de eficiencia continúa durante la obra al unirse con la filosofía *Lean Construction*. El objetivo es eliminar sistemáticamente cualquier desperdicio de tiempo, material o energía. Herramientas avanzadas, como el modelado 4D (tiempo) y 5D (costos), permiten planificar con precisión milimétrica para evitar errores en el terreno. De acuerdo con Sacks et al. (2018), la meta es “utilizar el modelo digital para optimizar la logística, prefabricar componentes y coordinar a los equipos” (p. 112). Al hacerlo, se puede reducir el desperdicio de materiales hasta en un 30 %.

2.2.3 Sobre la Capacitación de Profesionales

Para que la capacitación de los profesionales sea efectiva, es vital atacar dos frentes: la estrategia de diseño y la práctica en el terreno. Por un lado, se deben crear cursos de BIM que vayan más allá de simplemente manejar un software como Revit o ArchiCAD. El foco debe estar en el diseño sostenible. Esto implica incluir módulos sobre análisis de energía, selección de materiales ecológicos y preparación para certificaciones como LEED. Tal como proponen Gould y Underhill (2021), el enfoque correcto es “utilizar las herramientas BIM no solo para modelar, sino para tomar decisiones de diseño que mejoren el rendimiento ambiental del edificio” (p. 195).

Además, para cerrar la distancia entre la oficina y la obra, es fundamental ofrecer talleres prácticos sobre nuevas tecnologías. Esta formación debe ser modular y accesible para quienes ya están trabajando. Los temas deben cubrir el uso de drones para topografía, el escaneo láser para controlar la calidad y la instalación de sensores básicos. Según Gamil y Rahman (2017), el objetivo final es “capacitar a la fuerza laboral en la adopción de tecnologías digitales en el sitio de construcción” (p. 6), lo cual mejora tanto la productividad como la seguridad.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Introducción al Capítulo

En este capítulo se exponen el diseño, el enfoque y el tipo de estudio seleccionado para dar respuesta a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos propuestos. Asimismo, se define la población y la muestra, los criterios de selección, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos y los procedimientos que se seguirán para garantizar la validez y el rigor del análisis.

3.2 Diseño y tipo de estudio

Se adoptó un diseño no experimental, ya que la investigación se enfocó en observar, analizar y documentar la realidad de la aplicación de tecnologías asociadas a la Ingeniería 4.0 en proyectos de infraestructura civil, sin manipular deliberadamente las variables. El estudio se definió como descriptivo. Su intención principal fue detallar las características del panorama en el municipio; al mismo tiempo, buscó identificar qué pensaban realmente los actores clave y documentó las prácticas que se utilizaban día a día en el sector de la construcción local.

3.3 Enfoque investigativo

Esta investigación se apoyó en un enfoque cualitativo. Esta perspectiva resultó ideal para el estudio, ya que permitió interpretar las percepciones y experiencias de los actores sobre la Ingeniería 4.0. Hernández Sampieri, et al. (2018) señalan que el método cualitativo "se basa en las descripciones y observaciones para interpretar los significados que las personas les dan a sus experiencias".

3.4 Tipo de investigación

Esta investigación se definió como un estudio de tipo descriptivo. En una primera etapa, el foco se centró en detallar el panorama actual. El objetivo fue describir qué tanto se había implementado la Ingeniería 4.0 en el casco urbano del municipio de Cotuí, así como identificar oportunidades de mejora. En una segunda fase, y a partir del diagnóstico realizado, se orientó a proponer estrategias concretas que vincularon la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras civiles en el municipio.

3.5 Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por todos los integrantes del sector de la construcción en el casco urbano del municipio de Cotuí. Esto incluyó a ingenieros civiles y la comunidad académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), que abarcó docentes y estudiantes de término.

Se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Se seleccionó a un grupo de informantes clave que cumplieron con los criterios de inclusión, escogidos por su experiencia, conocimiento y vinculación directa con el objeto de estudio. Este método no buscó representatividad estadística, sino profundidad y riqueza en la información obtenida. Para ello, se tomaron en cuenta 3 docentes de Ingeniería, 5 ingenieros en ejercicio y 7 estudiantes de término de la carrera de Ingeniería.

3.6 Criterios de inclusión y exclusión

3.6.1 Criterios de Inclusión

Ser ingeniero/a civil colegiado con ejercicio profesional en el casco urbano del municipio de Cotuí.

Ser docente o estudiante de término de la carrera de Ingeniería Civil en UTECO.

Ser un profesional del sector construcción con experiencia demostrable en la implementación de herramientas digitales (BIM, IoT, etc.).

3.6.2 Criterios de Exclusión

Profesionales del sector construcción que no posean título en Ingeniería Civil.

Ingenieros que no residan ni tengan experiencia laboral reciente en el casco urbano del municipio de Cotuí.

Estudiantes de los primeros ciclos de la carrera de ingeniería.

3.7 Técnica e instrumento de investigación

La técnica principal para la recolección de datos fue la entrevista semiestructurada. Esta técnica permitió una conversación flexible y profunda con los informantes, adaptando las preguntas para explorar temas emergentes y obtener información detallada. El instrumento utilizado fue un guion

de entrevista compuesto por preguntas abiertas. Este guion estuvo diseñado para explorar los conocimientos, experiencias y percepciones de los participantes en relación con los objetivos específicos de la investigación.

3.8 Validez y confiabilidad del instrumento

La validez del instrumento se aseguró mediante el método de juicio de expertos. El guion de entrevista fue sometido a la revisión de al menos dos docentes expertos en metodología de la investigación y en el área de ingeniería civil para evaluar la pertinencia, claridad y coherencia de las preguntas.

3.9 Procedimientos de la investigación

Para el logro de los objetivos, se siguió una secuencia ordenada de pasos:

1. Obtención de la aprobación del proyecto por parte de la Facultad de Ingeniería de UTECO.
2. Realización de la revisión bibliográfica profunda sobre Ingeniería 4.0, sostenibilidad y construcción civil.
3. Diseño del guion de entrevista y validación por juicio de expertos.
4. Selección y contacto con los informantes clave según los criterios establecidos.
5. Aplicación de las entrevistas semiestructuradas.
6. Identificación de empresas y proyectos locales.
7. Transcripción y sistematización de la información recolectada.
8. Análisis cualitativo de los datos para identificar patrones, limitaciones y oportunidades.
9. Elaboración de la propuesta estratégica basada en los hallazgos.
10. Redacción del informe final y socialización de los resultados.

.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de los resultados

4.1.1 Presentación de los resultados del objetivo “Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles”

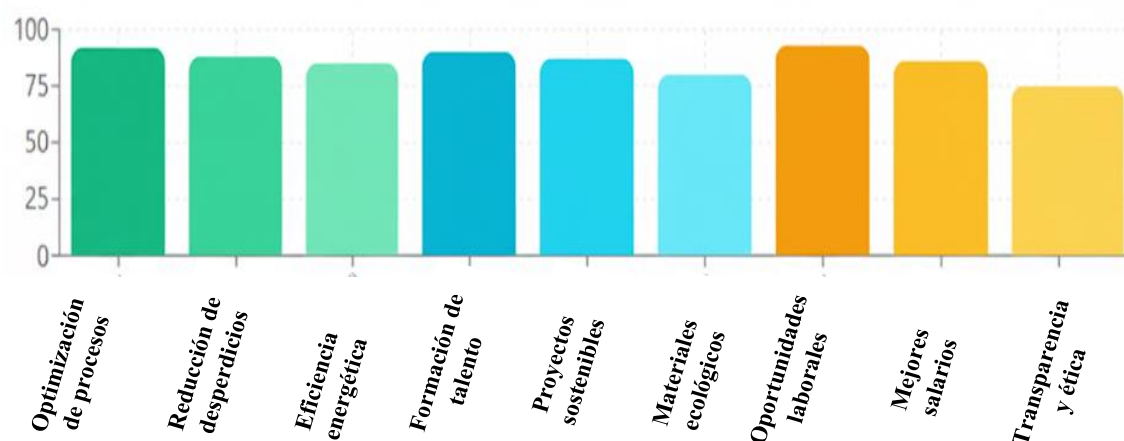
El primer objetivo de la investigación consistió en identificar el nivel actual de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí. Los resultados obtenidos evidenciaron una notoria disparidad en la percepción y el uso tecnológico entre los tres grupos tomados como muestra: Ingenieros en ejercicio, Docentes universitarios y Estudiantes avanzados. De manera general, se constató una alta influencia de herramientas básicas de comunicación y gestión documental a nivel municipal, confirmando que el sector ha superado la etapa puramente análoga.

Sin embargo, el nivel de adopción de tecnologías avanzadas, consideradas pilares de la Ingeniería 4.0 como el *Modelado de Información para la Construcción, BIM*, el escaneo 3D y el uso de drones especializados, fue clasificado como incipiente por los Ingenieros. Estos profesionales reportaron que, aunque conocen las tecnologías, su implementación práctica es limitada, generalmente confinada a proyectos piloto o a empresas de mayor envergadura que operan fuera de Cotuí. En contraste, los docentes mostraron mayor familiaridad teórica y una mejor comprensión de la relevancia de estas herramientas, aunque reconocieron que la capacidad de las universidades para impartir formación práctica en 4.0 es baja debido a la falta de infraestructura tecnológica adecuada en el ámbito académico local.

En cuanto a los estudiantes, si bien manifestaron un alto interés y buena disposición a aprender sobre las herramientas 4.0, la mayoría reportó que su exposición práctica se limita a cursos teóricos o software básico. Esto refleja que, aunque la futura fuerza laboral tiene la motivación, las instituciones educativas aún no han logrado cerrar la brecha entre el conocimiento conceptual y la aplicación técnica de la digitalización.

4.1.2 Presentación de los resultados del objetivo “Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”

Gráfico 1: Comparativa de factores principales para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí.



Fuente: *Elaboración propia*

Al analizar las limitaciones, el factor económico aparece como la barrera principal, aunque cada grupo lo vive de forma distinta. Los ingenieros en ejercicio apuntan directamente al bolsillo: el alto costo inicial del hardware y el software especializado es el mayor freno, ya que afecta la rentabilidad inmediata de las obras. Además, identificaron un problema logístico grave: faltan proveedores locales y soporte técnico especializado, lo que dificulta mantener estas herramientas funcionando a largo plazo.

En el ámbito académico, la visión cambia. Los docentes reconocen que el problema radica en la falta de capacitación y actualización del profesorado. Admiten que existe un vacío en el conocimiento avanzado y poca experiencia práctica para enseñar estas tecnologías correctamente. También señalan que los planes de estudio son demasiado rígidos, lo cual actúa como una traba burocrática que impide integrar métodos modernos de construcción.

Por su parte, los estudiantes sienten que su mayor limitación es la falta de práctica. Perciben una clara desconexión entre la teoría que reciben en clases y la realidad de los laboratorios, lo que

les impide "tocar" la tecnología 4.0. Sin embargo, no todo son obstáculos. Los resultados muestran un gran consenso sobre las oportunidades que la Ingeniería 4.0 ofrece para la sostenibilidad.

Los ingenieros destacan que la tecnología es clave para optimizar procesos y reducir el desperdicio de materiales en la obra. Argumentan que herramientas de simulación como el BIM minimizan los errores y, por tanto, reducen el impacto ambiental. También valoran mucho la eficiencia energética que se logra mediante el monitoreo post-construcción (IoT), viéndolo como una solución directa para la sostenibilidad a largo plazo.

Los docentes, en cambio, ven la oportunidad en la formación de talento. Creen que adoptar estas tecnologías permitirá crear profesionales capaces de diseñar proyectos que sean sostenibles y resilientes desde su origen. Además, resaltan el valor de investigar nuevos materiales ecológicos utilizando modelos avanzados para validarlos.

Finalmente, los estudiantes se enfocan en su futuro laboral. Ven la especialización tecnológica como un trampolín para acceder a mejores empleos y salarios más altos. Además, identifican a la tecnología como una herramienta de transparencia, capaz de garantizar la ética en toda la cadena de suministro de la construcción.

4.1.3 Presentación de los resultados del objetivo “Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí”

Para resolver la falta de capacitación y la rigidez de los planes de estudio, señalada tanto por docentes como por alumnos, la primera estrategia apuesta por una Alianza Académica-Tecnológica. La idea central es crear un Programa Piloto de Capacitación en BIM y *Lean Construction* Sostenible. Este curso está pensado específicamente para el cuerpo docente y los estudiantes más avanzados.

El objetivo es claro: llenar ese vacío de práctica que tanto reclaman los estudiantes. Esto exige renovar de inmediato los laboratorios universitarios con software moderno y simuladores. Así garantizamos que los nuevos profesionales salgan al mercado con competencias reales para diseñar y gestionar de forma sostenible.

En cuanto al freno que supone el alto costo inicial para los ingenieros, la segunda línea propone un Marco de Incentivos Municipales. Aquí, la sugerencia es que el Ayuntamiento ofrezca

beneficios fiscales directos. ¿A quiénes? A las constructoras que demuestren usar herramientas 4.0 (como BIM para medir la huella de carbono) y materiales certificados.

Además, esta estrategia plantea algo crucial: establecer requisitos obligatorios de sostenibilidad digital en las licitaciones públicas. De este modo, se empuja a la industria a modernizarse para poder competir, asegurando de paso que las obras públicas sean más fuertes y eficientes.

Finalmente, para sacar el máximo provecho a la optimización de recursos y la transparencia, la tercera estrategia se enfoca en la Implementación Tecnológica Específica. Basándose en los resultados, se recomienda a la industria instalar sistemas de monitoreo IoT (Internet de las Cosas). Esta medida permitiría a los ingenieros evaluar el rendimiento real de las obras en términos de consumo energético e integridad estructural, alimentando un ciclo de mejora continua en el diseño sostenible. Adicionalmente, se propone la creación de un Repositorio Digital Municipal de mejores prácticas y trazabilidad, gestionado por la Municipalidad, que vincule la innovación tecnológica con la obligación de reportar métricas de sostenibilidad en cada proyecto.

4.2 Análisis de los Resultados

4.2.1 Análisis de los resultados del objetivo “Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles”

Al examinar el panorama de Cotuí, se constata una paradoja de la digitalización. Si bien existe una alta familiaridad con herramientas de gestión básica, el estancamiento en la adopción del BIM avanzado sitúa al sector en los niveles más bajos de madurez, tal como lo conceptualiza Succar (2009). Esta realidad operacional significa que el sector ha adoptado la tecnología para el documento, pero ha eludido el compromiso con el proceso y la visión estratégica. Se ha fallado en explotar la “I de información” paramétrica, el núcleo de la metodología según Eastman et al. (2011), quedando la digitalización reducida a una mera herramienta de dibujo y comunicación sin valor predictivo.

Esta inmadurez tecnológica se convierte en un impedimento estructural para el crecimiento. La resistencia a aplicar recursos en la fase de diseño, lo cual contradice el principio de “carga frontal” de la Curva de MacLeamy (Deutsch, 2011), no es simplemente una decisión económica; se interpreta como una resistencia cultural. El sector prefiere operar bajo el modelo

fragmentado tradicional antes que asumir la reorganización de procesos y la colaboración temprana que exige la metodología.

Se utilizan aplicaciones para gestionar archivos, pero se ignora el potencial del software para simular, optimizar y analizar el rendimiento del edificio. Esta situación sugiere que la tecnología se percibe como un gasto y no como una herramienta estratégica que genera valor. Este patrón de uso reactivo es un obstáculo estructural que solo puede ser resuelto mediante la intervención de actores externos que rompan esta inercia, ya que el mercado por sí solo no está generando el impulso necesario para la estandarización.

4.2.2 Análisis de los resultados del objetivo “Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”

En lo que se refiere al análisis de las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 se logró evidenciar que la falta de apoyo institucional es el principal obstáculo para la sostenibilidad. El alto costo inicial, la queja más legítima de los ingenieros, se convierte en una barrera insuperable debido a la ausencia de un mandato gubernamental. La investigación ratifica la postura de Rogers (2010): sin el impulso del sector público, que exija tecnología en las licitaciones, la estandarización se paraliza, dejando la decisión de innovar a merced de la coyuntura económica individual, lo cual es insostenible para un desarrollo planificado.

Una limitación de carácter humano y educativo es la falta de talento calificado, una preocupación transversal. Los docentes identifican que la rigidez curricular y la falta de infraestructura impiden la integración de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y diseño resiliente. Esto significa que la academia se convierte en un factor limitante, incapaz de producir profesionales que integren la sostenibilidad desde el diseño, tal como lo exige el paradigma de Azhar (2011). La barrera no es la falta de interés, sino la incapacidad sistémica para adaptarse al cambio.

En contraste con las barreras, las oportunidades manifiestan un optimismo fundamentado que debe ser capitalizado. La alta expectativa de que la Ingeniería 4.0 permitirá la optimización de recursos y la reducción de desperdicios valida la sinergia teórica con Lean Construction, tal como lo documentan Sacks et al. (2018). Se confirma que los profesionales no solo ven el beneficio

económico, sino también el valor ambiental de la tecnología, reconociendo el potencial de las simulaciones 4D/5D para minimizar errores y, por extensión, el impacto ecológico.

La visión de las oportunidades trasciende el periodo de construcción. La alta percepción de que el monitoreo IoT mejorará la eficiencia energética y la vida útil valida la visión de Bhattacharya (2019) sobre la necesidad de infraestructuras resilientes y auto-optimizables. Los ingenieros reconocen que esta tecnología es esencial para la gestión del activo a largo plazo, permitiendo la transición hacia el mantenimiento predictivo, lo cual se alinea con la tesis de Lynch & Loh (2006).

4.2.2 Análisis de los resultados del objetivo “Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí”

La propuesta de estrategias es la respuesta constructiva y holística a las fricciones detectadas. La estrategia de Marco de Incentivos Municipales es vital porque aborda la raíz institucional de la inacción. Al proponer incentivos fiscales y la exigencia de criterios tecnológicos en las licitaciones, el gobierno local asume el papel de catalizador (Rogers, 2010), mitigando el riesgo de inversión para los ingenieros (Aibinu & Venkatesh, 2014).

En paralelo, la estrategia de Alianza Académica-Tecnológica ataca de raíz el problema de la falta de capacitación. La propuesta es clara: ofrecer cursos de BIM enfocados en la sostenibilidad, que incluyan el análisis de ciclo de vida (ACV) y el uso de materiales ecológicos. Aquí es donde cobra sentido la visión de Gould y Underhill (2021). Ellos sostienen que no basta con usar el BIM para modelar; hay que utilizarlo para tomar decisiones de diseño que realmente mejoren el rendimiento ambiental del edificio. De esta forma, buscamos cerrar la falta de experiencia práctica en los estudiantes, formando profesionales con una mentalidad nueva, orientada al buen desempeño y a lo sostenible.

Por otro lado, la visión tecnológica a largo plazo se materializa mediante la implementación del Monitoreo IoT. Al dotar de "inteligencia" a las infraestructuras, logramos dar el salto hacia un mantenimiento predictivo basado en la condición real de la obra, un concepto defendido por Lynch y Loh (2006). Esta herramienta entrega a los ingenieros los datos necesarios para validar y mejorar

sus diseños. Así, cumplimos con la exigencia de Bhattacharya (2019): desarrollar infraestructuras que sean resilientes y capaces de optimizarse a sí mismas.

Finalmente, el Repositorio Digital Municipal añade una capa necesaria de transparencia y orden. Su función es centralizar toda la información sobre materiales y rendimiento energético. Con esto, no solo respondemos a la necesidad de trazabilidad que pedían los estudiantes, sino que facilitamos el flujo de datos, algo que Eastman et al. (2011) consideran clave para que la metodología BIM funcione. En resumen, este repositorio se convierte en un activo público que impulsa la mejora continua y hace más fácil supervisar que se cumplan las normas sostenibles del municipio.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.1.1 Conclusión del objetivo “Identificar el nivel de implementación de herramientas digitales en la construcción de obras civiles”

A la luz de los hallazgos de esta investigación, se concluye que el sector de la construcción en el casco urbano del municipio de Cotuí muestra un nivel de madurez digital aún incipiente, marcado por una evidente fragmentación tecnológica. Si bien se ha confirmado una presencia de herramientas de gestión básicas, esto contrasta notablemente con la escasa adopción de tecnologías.

Esta dicotomía sugiere que las empresas han optado por digitalizar sus labores administrativas sin adentrarse verdaderamente en una transformación profunda de sus procesos operativos. De hecho, la percepción de los ingenieros refuerza este diagnóstico, ya que consideran que el uso de tecnología avanzada es algo excepcional, limitado a proyectos externos o pruebas piloto. Paralelamente, en el ámbito educativo, tanto docentes como estudiantes reconocen el valor teórico de estas herramientas; sin embargo, advierten sobre la falta de infraestructura adecuada para llevarlas a la práctica localmente. Así, la principal brecha identificada radica en la desconexión entre el conocimiento conceptual impartido en la academia y la aplicación técnica real que requiere la industria.

5.1.2 Conclusión del objetivo “Reconocer las limitaciones y oportunidades para la implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible de infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”

El análisis de las percepciones revela que las barreras económicas y el factor humano constituyen los frenos predominantes para la adopción tecnológica en el casco urbano del municipio de Cotuí. En primer lugar, para los ingenieros, el elevado costo inicial de inversión representa la limitación más significativa. Simultáneamente, los docentes alertan sobre una preocupante falta de talento calificado, una carencia que se vincula directamente con la rigidez de los planes de estudio y la escasa exposición práctica que reportan los propios estudiantes.

Sin embargo, a pesar de este escenario, existe un consenso optimista y estratégico respecto a las oportunidades que ofrece la modernización para el desarrollo sostenible. En este sentido, se

reconoce ampliamente que la implementación de la tecnología 4.0 facilitará la optimización de los recursos y reducirá los desperdicios en las obras.

Adicionalmente, existe una visión clara de que el monitoreo mediante el Internet de las Cosas (IoT) potenciará la eficiencia energética y asegurará la resiliencia de las infraestructuras a largo plazo. Por último, los estudiantes valoran estas herramientas no solo por su utilidad técnica, sino como instrumentos esenciales para garantizar la transparencia y la trazabilidad ética en la gestión de proyectos.

5.1.3 Conclusión del objetivo “Proponer estrategias que vinculen la innovación tecnológica con la sostenibilidad de las infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí”

La investigación concluye que, para superar los obstáculos identificados, es indispensable articular un plan de acción coordinado que se sustente en el modelo de la triple hélice, integrando los esfuerzos del Gobierno, la Academia y la Industria. Por consiguiente, para derribar la barrera económica, se propone la implementación de un Marco de Incentivos Municipales. Esta estrategia busca fomentar la adopción tecnológica exigiendo el uso de metodología BIM en las licitaciones públicas y, a su vez, otorgando beneficios fiscales a aquellas empresas que demuestren un compromiso real con la sostenibilidad.

Simultáneamente, para abordar las limitaciones de capital humano, se plantea una Alianza Académica-Tecnológica que impulse la creación de un Programa Piloto de Capacitación enfocado en BIM y construcción esbelta (*Lean*) sostenible. Es importante destacar que esta iniciativa conlleva la imperiosa necesidad de actualizar los laboratorios universitarios, dotando así a docentes y estudiantes de una experiencia práctica genuina y acorde a la realidad del mercado.

Asimismo, se recomienda la incorporación de sistemas de monitoreo post-construcción basados en el Internet de las Cosas (IoT) para infraestructuras críticas. Gracias a esto, los ingenieros podrán evaluar el rendimiento energético, asegurar un mantenimiento predictivo y fortalecer la resiliencia de las obras. Finalmente, se propone la creación de un Repositorio Digital Municipal que permita centralizar la información y establecer la obligatoriedad de reportar métricas de sostenibilidad, logrando con ello cerrar el ciclo de vida de los proyectos de manera transparente y eficiente.

5.2 Recomendaciones

Al Municipio de Cotuí:

Establecer la exigencia del uso de metodologías BIM y criterios de sostenibilidad digital en los procesos de contratación de obra pública.

A la industria constructora:

Adoptar el BIM avanzado (4D/5D) para realizar Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y simulaciones de rendimiento energético, logrando la optimización de recursos y la reducción de desperdicios en la fase de diseño.

Formalizar convenios con universidades para ofrecer a los estudiantes acceso a proyectos reales con tecnología 4.0, cerrando la brecha de experiencia práctica y asegurando el futuro flujo de personal calificado.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO):

Revisar los planes de estudio para integrar módulos obligatorios de BIM aplicado a la sostenibilidad, e invertir inmediatamente en la adquisición de licencias de software y equipos de simulación para los laboratorios.

Crear un programa obligatorio de certificación en el uso pedagógico de la Ingeniería 4.0 (BIM, IoT) para el cuerpo docente, asegurando que la calidad de la enseñanza esté alineada con las exigencias tecnológicas.

Fomentar la colaboración entre UTECO e ITLA para compartir recursos, equipos de simulación y laboratorios.

REFERENCIAS

- Abreu-Tejada, M. K. (2024). Implicaciones de la industria 4.0 en el perfil de egreso de los ingenieros industriales en República Dominicana. En *Congreso Caribeño De Investigación Educativa* (Vol. 4, pp. 491–496).
<https://congresos.isfodosu.edu.do/index.php/ccie/article/view/805>
- Aibinu, A. A., & Venkatesh, S. (2014). Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140(3), 04013021.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (s.f.). *What is civil engineering?* Recuperado el 26 de septiembre de 2025, de <https://www.asce.org/about-civil-engineering/what-is-civil-engineering/>
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, 20(2), 189-195.
- ASTM International. (2012). *Standard terminology for additive manufacturing technologies (ASTM F2792-12a)*. ASTM International.
- Ayuntamiento Municipal de Cotuí. (s.f.). *Cultura e historia*. Recuperado el 26 de septiembre de 2025.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252.
- Banco Mundial. (2020). *Doing Business 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies*. Publicaciones del Banco Mundial.
- Bhattacharya, S. (2019). *Smart infrastructure: A guide for urban planning*. Routledge.
- B-Jahromi, A. (2017). *BIM for structural engineering and design*. Routledge.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980.

- Buswell, R. A., de Silva, W. R. L., Jones, S. Z., & Dirrenberger, J. (2018). 3D printing of concrete in construction: A forward-looking review. *Cement and Concrete Research*, 112, 1-22.
- Cassá, R. (2003). *Historia social y económica de la República Dominicana, Tomo I*. Editora Alfa y Omega.
- Congreso Nacional de la República Dominicana. (1952). *Ley N° 3209 que crea la provincia Sánchez Ramírez*. Gaceta Oficial.
- Deutsch, R. (2011). *BIM and integrated design: Strategies for architectural practice*. John Wiley & Sons.
- Ellen MacArthur Foundation. (s.f.). *What is a circular economy?* Recuperado el 26 de septiembre de 2025, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Franco, S. R. R., Jaramillo, E. M. G., Vintimilla, L. V. G., & Andrade, S. L. Z. (2023). Construcción 4.0 en la transformación de la gestión integral de proyectos con innovación tecnológica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 8(4), 166-180. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i4.2494>
- Gamil, Y., & Rahman, I. A. (2017). A review on the impact of technology for skills development in the construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 15(4), 503-517.
- Gartner. (s.f.). *Gartner glossary: Internet of things (IoT)*. Recuperado el 26 de septiembre de 2025, de <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>
- Gould, F. W., & Underhill, S. (2021). *Construction management* (5th ed.). Pearson.
- Grilli, E., D'Amelio, S., & Remondino, F. (2021). Point cloud processing and feature extraction for cultural heritage 3D modeling. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 33-39.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.

- Jacobs, J. (1961). *The death and life of great American cities*. Random House.
- Jones, D., & Smith, P. (2020). *Ethics and technology in construction*. Routledge.
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: Green building design and delivery* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Krygiel, E., Nies, B., & McDowell, J. (2011). *Green BIM: Successful sustainable design with building information modeling*. Sybex.
- Labonnote, N., Rønnquist, A., Manum, B., & Rütther, N. (2016). Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities. *Automation in Construction*, 72, 347-366.
- Lynch, J. P., & Loh, K. J. (2006). A summary review of wireless sensors and sensor networks for structural health monitoring. *The Shock and Vibration Digest*, 38(2), 91-128.
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H. (2011). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey Global Institute.
- Morton, J. (2016). *The role of higher education in BIM adoption*. Routledge.
- Moya Pons, F. (2010). *Manual de historia dominicana* (14.^a ed.). Editora Corripio.
- Olsen, M. J. (2018). *Laser scanning for the environmental sciences*. John Wiley & Sons.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *Oslo manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4th ed.). OECD Publishing.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016). *Nueva Agenda Urbana*. Hábitat III.
- Papadopoulos, G., Zomer, T., & Psomas, E. (2019). Barriers to technology adoption in the construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(11), 04019079.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64-88.

- ResearchGate. (2024). *Lack of technical knowledge and resistance to change are barriers, despite the potential to improve efficiency in terms of time and cost.*
- Rincón, F. A. (s.f.). *La Mejorada Villa del Cotuy.*
- Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution.* World Economic Forum.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375.
- Teizer, J., Wolf, M., & Golovina, O. (2017). A construction industry vision of the internet of things. In *Construction Research Congress 2016* (pp. 248-257). American Society of Civil Engineers.
- Villalobos, A. (2022). *El enfoque cualitativo en la investigación.*
- Villena Manzanares, E., & De la Cruz Morón, E. (2020). La construcción 4.0: hacia la sostenibilidad en el sector de la construcción. *Revista Arquitecturas del Sur*, 38(58), 101-115.
- Weber, R. H. (2010). Internet of Things – New security and privacy challenges. *Computer Law & Security Review*, 26(1), 23-30.
- Zabala-Vargas, A., & Jaimes Quintanilla, C. J. (2025). Tecnologías 4.0 (IoT y ciencia de datos) orientada a optimizar la gestión de proyectos de construcción. *Revista de Construcción*, 24(1), 12-25.

Anexos

Anexo 1: Carta de aprobación

Universidad Tecnológica del Cibao Oriental
UTECO
Universidad Estatal
 Decanato de Investigación



10 de julio del 2025
 Campus Universitario UTECO
 Cotuí, Prov. Sánchez Ramírez

ASIGNACIÓN DE PROYECTO DE GRADO

Señores:

Rainer Mateo Belén
 Edward del Orbe Leonardo

Escuela de Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Distinguidos señores:

Luego de extenderles nuestro más cordial saludo, por medio de la presente, nos permitimos hacer formal entrega del proyecto titulado: **"Aplicación De La Ingeniería "4.0" Como Estrategia Para El Desarrollo Sostenible De Infraestructuras Civiles."**, el cual será asesorado por el docente: Ing. Luis Manuel Núñez.

En esta presente asignación le agregamos el **cronograma del trabajo** y el **esquema del proyecto de grado** a los cuales deben guiarse para en todo el trayecto de este proyecto.

Augurándoles éxitos y en espera de poder contar con su acostumbrada entrega siempre cumpliendo con el Reglamento de Trabajo de Grado y el Manual de Investigación de la UTECO, que se encuentran en nuestro portal web.

Sin más por el momento,

Ing. Juan Antonio Gratano
 Decano de la Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales



Dr. Antonio Rosario Gómez
 Presidente del Comité de Investigación



Anexo 2: Cuestionarios aplicados

Preguntas
Respuestas
Configuración



Cuestionario 3: Para Docentes de Ingeniería

Estimado Docente, a continuación, se le presenta un instrumento diseñado con el propósito de recolectar datos para la investigación sobre la "Implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible para las infraestructuras civiles en el municipio de Cotui". Le aseguramos que toda la información que usted proporcione a través de este medio será tratada con la más estricta confidencialidad y será utilizada única y exclusivamente para los fines académicos de este estudio. Agradecemos de antemano su tiempo y su valiosa colaboración, la cual es esencial para el éxito de esta investigación.

Nombre completo

Texto de respuesta larga

Correo electrónico

Texto de respuesta larga

Especialidad

Texto de respuesta larga

1. Dentro del plan de estudios de Ingeniería Civil, ¿qué herramientas digitales y conceptos de la Ingeniería 4.0 se están enseñando actualmente a los estudiantes?

Texto de respuesta larga

2. Desde su perspectiva docente, ¿cómo evalúa el nivel de dominio que alcanzan los estudiantes en estas tecnologías al finalizar su formación?

Texto de respuesta larga

3. Basado en su interacción con el sector profesional, ¿qué tan alineado considera que está el currículo académico con las prácticas y demandas tecnológicas actuales de las empresas constructoras en la región?

Texto de respuesta larga



Cuestionario 1: Para Ingenieros en Ejercicio Profesional

B *I* U ↺ ↻

Estimado Ingeniero, a continuación, se le presenta un instrumento diseñado con el propósito de recolectar datos para la investigación sobre la "Implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible para las infraestructuras civiles en el municipio de Cotuí". Le aseguramos que toda la información que usted proporcione a través de este medio será tratada con la más estricta confidencialidad y será utilizada única y exclusivamente para los fines académicos de este estudio. Agradecemos de antemano su tiempo y su valiosa colaboración, la cual es esencial para el éxito de esta investigación.

Nombre Completo

Texto de respuesta larga

Correo electrónico

Texto de respuesta larga

Especialidad en el área

Texto de respuesta larga

Empresa o área de trabajo

Texto de respuesta larga

1. Basado en su experiencia directa en obras, ¿qué herramientas digitales (BIM, drones, software de gestión de proyectos, etc.) ha visto que se utilicen realmente en la construcción de infraestructuras en Cotuí?

Texto de respuesta larga

2. Desde un punto de vista práctico, ¿cómo describiría el nivel de integración de estas tecnologías en sus proyectos? ¿Son herramientas esenciales que mejoran el flujo de trabajo o se usan de manera esporádica?

Texto de respuesta larga

Para Ingenieros en Ejercicio Profesional

República Dominicana

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL

(UTECO)



FACULTAD FACULTA DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES

Escuela de Ingeniería Civil

Estimado Ingeniero, a continuación, se le presenta un instrumento diseñado con el propósito de recolectar datos para la investigación sobre la *“Implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible para las infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”*. Le aseguramos que toda la información que usted proporcione a través de este medio será tratada con la más estricta confidencialidad y será utilizada única y exclusivamente para los fines académicos de este estudio. Agradecemos de antemano su tiempo y su valiosa colaboración, la cual es esencial para el éxito de esta investigación.

1. Basado en su experiencia directa en obras, ¿qué herramientas digitales (BIM, drones, software de gestión de proyectos, etc.) ha visto que se utilicen realmente en la construcción de infraestructuras en el casco urbano del municipio de Cotuí?
2. Desde un punto de vista práctico, ¿cómo describiría el nivel de integración de estas tecnologías en sus proyectos? ¿Son herramientas esenciales que mejoran el flujo de trabajo o se usan de manera esporádica?
3. Al contratar nuevos profesionales, ¿qué tan preparados vienen en el manejo de software avanzado? ¿Considera que hay una brecha entre la formación académica y las necesidades del campo?
4. Desde su perspectiva como profesional en el sector, ¿cuáles son las barreras más grandes (costo de licencias, resistencia al cambio del personal, falta de clientes que lo exijan) que impiden una

adopción más amplia de tecnologías de la Ingeniería 4.0 en el casco urbano del municipio de Cotuí?

5. Si tuviera los recursos y el personal capacitado, ¿qué oportunidades o beneficios directos (reducción de desperdicios, mejora en los plazos de entrega, mayor precisión) cree que estas tecnologías podrían aportar a sus proyectos?
6. En términos de sostenibilidad, ¿de qué manera práctica cree que el uso de estas innovaciones podría ayudar a construir obras más eficientes y con menor impacto ambiental en el contexto de nuestro municipio?
7. Si tuviera que liderar un proyecto piloto innovador en el casco urbano del municipio de Cotuí, ¿qué tecnología implementaría primero para obtener el mayor impacto en la relación costo-beneficio y sostenibilidad?
8. ¿Qué tipo de incentivo o apoyo (fiscal, normativo, de capacitación) por parte del gobierno local o las asociaciones profesionales considera que sería más efectivo para motivar a las empresas constructoras a modernizarse?
9. ¿Qué habilidades o conocimientos específicos sobre nuevas tecnologías considera que son más urgentes de desarrollar entre los ingenieros y el personal técnico que ya está trabajando en el sector?
10. Más allá de la tecnología, ¿qué otro factor considera crucial para mejorar la sostenibilidad y la calidad de las infraestructuras que se construyen actualmente en el casco urbano del municipio de Cotuí?

Cuestionario 2: Para Estudiantes de Ingeniería**República Dominicana****UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL****(UTECO)****FACULTAD FACULTA DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES****Escuela de Ingeniería Civil**

Estimado Estudiante, a continuación, se le presenta un instrumento diseñado con el propósito de recolectar datos para la investigación sobre la *“Implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible para las infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”*. Le aseguramos que toda la información que usted proporcione a través de este medio será tratada con la más estricta confidencialidad y será utilizada única y exclusivamente para los fines académicos de este estudio. Agradecemos de antemano su tiempo y su valiosa colaboración, la cual es esencial para el éxito de esta investigación.

1. En tus clases y proyectos académicos, ¿qué herramientas digitales o software de última generación (Revit, Civil 3D, software de simulación, etc.) estás aprendiendo a utilizar?
2. Según lo que has aprendido, ¿qué tan importante crees que es el uso de estas tecnologías para el futuro de la ingeniería civil en nuestro país?
3. Al observar las construcciones en el casco urbano del municipio de Cotuí, ¿crees que lo que estás aprendiendo en la universidad se está aplicando en la práctica local? ¿Por qué sí o por qué no?

4. Como estudiante, ¿cuáles crees que son las mayores dificultades que enfrentarás al intentar aplicar estas tecnologías avanzadas cuando te gradúes y empieces a trabajar en el casco urbano del municipio de Cotuí?
5. Imagina el futuro: ¿qué oportunidades crees que se abrirían para ti como profesional si el sector de la construcción local adoptara masivamente la Ingeniería 4.0?
6. Desde tu perspectiva, ¿cómo crees que la tecnología puede ayudar a que las futuras construcciones en el casco urbano del municipio de Cotuí sean más “verdes” o sostenibles? Danos un ejemplo.
7. Si tuvieras que hacer tu tesis o un proyecto final enfocado en el casco urbano del municipio de Cotuí, ¿qué estrategia innovadora propondrías para mejorar la sostenibilidad de una obra civil usando tecnología?
8. ¿Qué crees que debería hacer la universidad para conectar mejor a los estudiantes con las empresas locales y promover el uso de estas nuevas herramientas en la práctica?
9. Además de las clases, ¿qué tipo de talleres, cursos o certificaciones crees que necesitas para sentirte completamente preparado para trabajar con la tecnología de la Ingeniería 4.0?
10. Como futuro ingeniero, ¿cuál es tu mayor aspiración o idea para contribuir a un desarrollo más moderno y sostenible en nuestro municipio de Cotuí?

Cuestionario 3: Para Docentes de Ingeniería

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL

(UTECO)



FACULTAD FACULTA DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES

Escuela de Ingeniería Civil

Estimado Docente, a continuación, se le presenta un instrumento diseñado con el propósito de recolectar datos para la investigación sobre la *“Implementación de la Ingeniería 4.0 como estrategia sostenible para las infraestructuras civiles en el casco urbano del municipio de Cotuí”*. Le aseguramos que toda la información que usted proporcione a través de este medio será tratada con la más estricta confidencialidad y será utilizada única y exclusivamente para los fines académicos de este estudio. Agradecemos de antemano su tiempo y su valiosa colaboración, la cual es esencial para el éxito de esta investigación.

1. Dentro del plan de estudios de Ingeniería Civil, ¿qué herramientas digitales y conceptos de la Ingeniería 4.0 se están enseñando actualmente a los estudiantes?
2. Desde su perspectiva docente, ¿cómo evalúa el nivel de dominio que alcanzan los estudiantes en estas tecnologías al finalizar su formación?
3. Basado en su interacción con el sector profesional, ¿qué tan alineado considera que está el currículo académico con las prácticas y demandas tecnológicas actuales de las empresas constructoras en la región?
4. ¿Cuáles son las limitaciones principales (presupuesto para licencias, necesidad de formación docente, laboratorios) que enfrenta la academia para incorporar de manera más agresiva las tecnologías de la Ingeniería 4.0 en la enseñanza?

5. ¿Qué oportunidades académicas y de investigación se abrirían para la universidad y sus estudiantes si se lograra una mayor adopción de estas tecnologías en el sector local?
6. En el ámbito de la sostenibilidad, ¿cómo se está abordando desde la docencia el rol de la tecnología como herramienta para diseñar infraestructuras más resilientes y de menor impacto ambiental?
7. ¿Qué estrategia pedagógica o proyecto de vinculación (convenios, proyectos de investigación aplicada, etc.) considera que sería más efectivo para acelerar la transferencia de conocimiento tecnológico de la universidad a la industria local?
8. ¿Qué tipo de colaboración interinstitucional (universidad-empresa-gobierno) sería necesaria para crear un ecosistema de innovación sostenible en la construcción civil de Cotuí?
9. ¿Qué áreas de conocimiento o competencias tecnológicas considera que son prioritarias reforzar en el plan de estudios para preparar mejor a los ingenieros para los desafíos de la próxima década?
10. Desde su rol como formador, ¿cuál es el mensaje principal que busca transmitir a sus estudiantes sobre la relación entre la ética profesional, la innovación tecnológica y la responsabilidad con el desarrollo sostenible de la comunidad?

Anexo 3: Recibo de antiplagio

Segunda entrega Edward Del Orbe

por EDWARD ELIAS DEL ORBE LEONARDO

Fecha de entrega: 10-dic-2025 09:38a.m. (UTC-0400)

Identificador de la entrega: 2836547339

Nombre del archivo: DE_INGENIER_A_CON_INSTRUMENTO_EDWARD_ELIAS_DEL_ORBE_LEONARDO.pdf
(624.88K)

Total de palabras: 11764

Total de caracteres: 71856

Segunda entrega Edward Del Orbe

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%	4%	2%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Abierta para Adultos Trabajo del estudiante	<1 %
2	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
3	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
4	repositorio.unibe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
5	revistamapping.com Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.ulatina.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
7	Submitted to Trabajo del estudiante	<1 %
8	Carbonell Marques, angela. "Brechas de las Políticas Publicas y la Intervencion	<1 %