

Políticas para mitigar el impacto financiero de los bajos rendimientos en la ejecución de estructuras de concreto reforzado fabricado en sitio en la construcción tradicional



**POLÍTICAS PARA MITIGAR EL IMPACTO FINANCIERO DE LOS BAJOS
RENDIMIENTOS EN LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
REFORZADO FABRICADO EN SITIO EN LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL**

ALEXIS RONDON MUÑOZ

WILLIAM MARTIN PEÑUELA ARIZA

MIGUEL ANGEL PARRA CARVAJAL

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Agosto de 2025

Políticas para mitigar el impacto financiero de los bajos rendimientos en la ejecución de estructuras de concreto reforzado fabricado en sitio en la construcción tradicional

Proyecto de investigación

POLÍTICAS PARA MITIGAR EL IMPACTO FINANCIERO DE LOS BAJOS RENDIMIENTOS EN LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO FABRICADO EN SITIO EN LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

ALEXIS RONDON MUÑOZ

WILLIAM MARTIN PEÑUELA ARIZA

MIGUEL ANGEL PARRA CARVAJAL

Asesor(a)

Deivi David Fuentes Doria

PhD En ciencia: Gerencia

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Agosto de 2025

Contenido

Lista de tablas	5
Lista de figuras	6
RESUMEN	7
Palabras claves	7
ABSTRACT	8
Keys Word	8
INTRODUCCIÓN.....	9
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1 La pregunta de investigación.....	12
1.2 Los objetivos de investigación	12
1.2.1 Objetivo general.....	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	12
1.3 Justificación de la investigación.....	13
2 MARCO DE REFERENCIA.....	14
2.1 Marco de Antecedentes	14
2.2 Marco Teórico.....	16
2.2.1 Gerencia de Proyectos en la Construcción.....	16
2.2.2 Productividad en la Construcción	16
2.2.3 Políticas y Estrategias para la Mejora del Rendimiento en Obra.....	17
2.2.4 Impacto de la Capacitación y Gestión del Talento Humano	17
2.2.5 Innovación y Tecnología en la Construcción	17
2.3 Marco Normativo	18
2.3.1 Implicaciones del Marco Legal y Técnico	19
3 METODOLOGÍA	20
3.1 Enfoque y alcance de la investigación	20
3.2 Población y muestra	20
3.3 Instrumento	22
3.4 Descripción de procedimientos	22
3.5 Análisis de la información.....	23

3.6	Consideraciones éticas	24
4	Datos recolectados	24
4.1	Codificación de Datos	25
5	Resultados.....	31
6	CONCLUSIONES.....	65
6.1	Contexto y Relevancia del Estudio	65
6.2	Percepción del Sector y Brecha entre Políticas y Prácticas	65
6.3	Factores que Afectan la Eficiencia y Calidad en la Producción de Concreto en Sitio.....	66
6.4	Tecnologías y Estrategias para Mejorar la Eficiencia.....	66
6.5	Implicaciones Económicas y Costos.....	67
6.6	Normativas y Regulaciones y su Rol en la Mejora Continua	68
6.7	Propuestas y Recomendaciones para el Futuro	68
6.8	Conclusiones Finales.....	69
7	RECOMENDACIONES.....	71
7.1	Recomendaciones técnicas y operativas.....	71
7.2	Líneas futuras de investigación	73
7.3	Limitaciones del estudio	75
7.4	Epílogo de las Recomendaciones	76
	REFERENCIAS.....	77

Lista de tablas

Tabla 1 - Tabla de Codificación Específica.....	28
Tabla 2 - Respuestas Codificadas de la Encuesta.....	31
Tabla 3 - Características de las variables asociada a contagio de COVID en Antioquia	Error! Bookmark not defined.
Tabla 4 - Relación de variables respecto a los fallecidos	Error! Bookmark not defined.

Lista de figuras

Figura 1 - Relación de fallecidos respecto a los días con contagio de COVID **Error! Bookmark not defined.**

Figura 2 - Duración en días entre dos grupos de pacientes..... **Error! Bookmark not defined.**

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar políticas para mitigar el impacto financiero de los bajos rendimientos en la ejecución de estructuras de concreto reforzado fabricado en sitio, dentro del contexto de la construcción tradicional en Colombia. Este problema afecta de manera significativa la productividad, los costos y los tiempos de ejecución de obra, comprometiendo la rentabilidad de los proyectos. El estudio adopta un enfoque mixto, combinando metodologías cualitativas y cuantitativas, para diagnosticar las principales causas de los bajos rendimientos, analizar estrategias del sector y proponer soluciones estructuradas. Entre los factores críticos identificados se destacan la planificación deficiente, la gestión ineficiente de recursos humanos y materiales, la falta de capacitación técnica, y las deficiencias en control de calidad y supervisión en obra. Mediante observación directa, encuestas, entrevistas y análisis normativo-financiero, se recolectaron datos relevantes que permitieron evidenciar oportunidades de mejora. Como resultado, se formulan políticas empresariales enfocadas en mejorar la productividad, fortalecer la formación del personal, implementar herramientas tecnológicas (como BIM y Lean Construction), y adoptar medidas preventivas ante riesgos técnicos y climáticos. La investigación concluye que la implementación de estas políticas no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino que también garantiza la sostenibilidad financiera y la competitividad de las empresas que emplean métodos constructivos tradicionales. Se enfatiza la necesidad de una gestión integral de proyectos apoyada en normativas técnicas, planificación efectiva y capacitación continua como ejes fundamentales para alcanzar un alto desempeño en la ejecución de obras con concreto reforzado.

Palabras claves

- Rendimiento de obra
- Concreto reforzado en sitio
- Políticas empresariales
- Construcción tradicional

ABSTRACT

This research aims to design policies to mitigate the financial impact caused by low productivity in the execution of cast-in-place reinforced concrete structures, within the context of traditional construction in Colombia. This problem significantly affects productivity, increases costs, and delays project timelines, ultimately compromising profitability. The study adopts a mixed-method approach, integrating both qualitative and quantitative methodologies to diagnose the main causes of low performance, analyze industry strategies, and propose structured solutions. Key critical factors identified include poor planning, inefficient management of human and material resources, lack of technical training, and weaknesses in quality control and on-site supervision. Through direct observation, surveys, interviews, and regulatory-financial analysis, relevant data was collected, revealing improvement opportunities. As a result, the study formulates corporate policies focused on enhancing productivity, strengthening workforce training, implementing technological tools (such as BIM and Lean Construction), and adopting preventive measures against technical and climatic risks. The research concludes that the implementation of these policies contributes not only to operational efficiency but also to the financial sustainability and competitiveness of companies that use traditional construction methods. The study emphasizes the need for comprehensive project management supported by technical standards, effective planning, and continuous professional development as fundamental pillars for achieving high performance in the execution of reinforced concrete works.

Keys Word

- Work performance
- Cast-in-place reinforced concrete
- Corporate policies
- Traditional construction

INTRODUCCIÓN

En muchas naciones, y Colombia no es la excepción, la construcción es un pilar clave para el desarrollo, no solo crea una enorme cantidad de trabajos, sino que también impulsa la economía y moldea nuestras ciudades, por eso, tiene un papel fundamental en los planes del gobierno, especialmente en lo que respecta a infraestructura y vivienda. Sin embargo, a pesar de su importancia, las empresas de construcción que se aferran a los métodos tradicionales, como fabricar concreto directamente en la obra, se topan con serios desafíos que afectan su rendimiento, sus costos y la calidad de lo que construyen y al final del día, eso puede poner en jaque su viabilidad económica.

Aunque sigue siendo muy común en proyectos de vivienda, urbanismo y pequeña infraestructura, preparar el concreto en el sitio es una práctica que tiene su lado complicado. Si no se hace con un control riguroso y protocolos bien definidos, es fácil que la resistencia del concreto no sea uniforme, que la mezcla falle o que la durabilidad de la estructura se vea comprometida, cosas tan simples como el clima, la experiencia del personal en la obra, una dosificación incorrecta de los materiales o la falta de supervisión técnica pueden aumentar el riesgo de fallos, esto no solo afecta la calidad final de la obra, sino que también termina comiéndose las ganancias del proyecto.

Además de todo esto, hay problemas graves con la forma en que se maneja el personal y los materiales, a menudo, las cuadrillas no están bien preparadas, les falta liderazgo técnico y no se comunican de forma efectiva con quienes planean y se encargan de la logística, esto lleva a improvisaciones, a que se hagan las mismas tareas dos veces, a usar mal las herramientas y a desperdiciar materiales, el resultado es un ambiente de trabajo poco productivo y muy susceptible a que el presupuesto se descontrole.

Por si fuera poco, la mala planificación es un dolor de cabeza constante en los proyectos que se hacen de esta manera tradicional. No hay cronogramas detallados, no se analiza la ruta crítica, no se prevén las condiciones del clima y no hay un sistema para medir el avance y el rendimiento, esto hace que sea casi imposible detectar a tiempo los problemas, los errores técnicos y los costos adicionales, la consecuencia es que los proyectos avanzan lento,

se demoran más de lo previsto y ponen en aprietos la estabilidad financiera de la empresa constructora.

Por todas estas razones, mi investigación busca entender por qué hay tan bajos rendimientos en las obras que fabrican su propio concreto reforzado, con base en este análisis, quiero proponer estrategias para las empresas que ayuden a mitigar el impacto financiero, mi meta no es solo señalar los puntos débiles de este modelo tradicional, sino también generar ideas para que el sector sea más competitivo, sostenible y profesional.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los constructores que todavía fabrican su propio concreto en la obra enfrentan un montón de retos que afectan directamente sus ganancias. Aunque este método es flexible y se adapta bien a diferentes condiciones, tiene fallas técnicas y operativas que causan ineficiencias, uno de los principales problemas es la baja productividad de la mano de obra. Esto sucede porque el personal no siempre tiene la capacitación técnica adecuada, no hay un seguimiento cercano a las actividades y se siguen usando métodos manuales o semi-manuales que hacen que todo se demore.

Actividades clave como la mezcla, el vaciado y el curado del concreto tardan más de lo necesario, lo que termina retrasando la entrega final del proyecto, además, los fallos en la logística de materiales son un obstáculo enorme. Si no hay buena coordinación entre los proveedores y el equipo en la obra, los insumos esenciales como la arena, el cemento o los aditivos pueden no llegar a tiempo. Esto obliga a detener los trabajos, genera tiempos muertos y hay que rehacer los cronogramas, lo que aumenta los costos indirectos y la carga administrativa.

La mala planificación es otro problema que se repite, cuando no se planea bien o se omiten detalles, el orden de las actividades se altera, los equipos se estorban unos a otros y los recursos se desperdician, sin una buena planificación, tampoco se pueden prever imprevistos, como los cambios en el clima, que son especialmente importantes cuando se prepara concreto en el lugar.

El desperdicio de recursos es otro factor que afecta los costos, en el momento de la preparación del concreto, la falta de control en las proporciones de la mezcla combinada con el mal manejo de los materiales y la poca supervisión durante el vaciado resultan en pérdidas significativas de insumos, a esto se le suma la generación de escombros y residuos, lo que aumenta los costos de disposición final y hace que todo el proceso sea menos eficiente.

La situación empeora porque no hay políticas efectivas para solucionar estos problemas, sin una estructura clara que incluya programas de capacitación, sistemas de monitoreo de rendimiento, estrategias de logística y control de calidad, las empresas no solo pierden dinero, sino que también se les dificulta competir en un mercado cada vez más exigente.

En este contexto, la falta de soluciones bien pensadas y a largo plazo afecta la estabilidad financiera de las empresas del sector, creando un círculo vicioso de ineficiencia y pérdida de recursos, por tal motivo es importante diseñar e implementar políticas que no solo identifiquen los motivos de los bajos rendimientos, buscando que también establezcan acciones concretas para reducir estos sobrecostos, optimizar los recursos y asegurar la viabilidad económica de estas empresas.

1.1 La pregunta de investigación

¿Qué políticas o estrategias de gestión de proyectos pueden implementarse para mitigar el impacto financiero de los factores que reducen el rendimiento en la ejecución de estructuras de concreto reforzado con concreto fabricado en sitio en empresas constructoras que emplean métodos tradicionales?

1.2 Los objetivos de investigación

1.2.1 Objetivo general

Diseñar políticas efectivas para minimizar la afectación financiera derivada de los factores que generan bajos rendimientos en la ejecución de estructuras de concreto reforzado con concreto fabricado en sitio en empresas constructoras con método de construcción tradicional.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar los principales factores que afectan el rendimiento en la ejecución de estructuras de concreto reforzado.
- Analizar estrategias y políticas utilizadas en el sector para mejorar la eficiencia en la ejecución de estructuras de concreto fabricado en sitio, considerando enfoques de gerencia de proyectos.
- Proponer políticas y recomendaciones basadas en buenas prácticas de gestión de proyectos para optimizar el rendimiento de obra en proyectos de construcción con método tradicional.

1.3 Justificación de la investigación

Las obras que construyen estructuras de concreto reforzado de forma tradicional enfrentan varios problemas que complican el trabajo: la mala planeación, la gestión deficiente de recursos y la falta de capacitación del personal. Todos estos factores golpean de lleno la productividad, por lo que es vital analizar qué se puede hacer para mejorar la gestión en este tipo de proyectos. (Barros, 2020)

Esta investigación es importante porque ayuda a optimizar los procesos de construcción al identificar los puntos débiles que afectan el rendimiento. Luego, propone estrategias basadas en buenas prácticas de gerencia de proyectos. La idea es hacer más eficiente la ejecución de las estructuras de concreto, promoviendo una mejor planificación y un control más estricto en la obra. (Camacol, 2018)

Además, al estudiar cómo la capacitación del personal influye en la productividad, esta investigación aporta información muy útil para crear estrategias que fortalezcan las habilidades de los trabajadores en el sector de la construcción. La meta es que esto tenga un impacto positivo en la calidad de los proyectos y en el uso de los recursos, beneficiando tanto a las empresas como a la industria en general. (Escobar, 2016)

En resumen, este estudio es crucial para la industria de la construcción, ya que esto conlleva herramientas clave para tomar decisiones bien fundamentadas en la gestión de proyectos de concreto reforzado, al identificar los principales factores que afectan la eficiencia, de esta forma se sientan las bases para proponer estrategias que mejoren el rendimiento y la calidad en la obra, ayudando a que el sector sea más competitivo.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco de Antecedentes

Este estudio busca encontrar maneras de reducir impactando los problemas financieros causados por los bajos rendimientos en obras de concreto reforzado que se preparan directamente en el lugar en sitio, esto es demasiado importante en la industria de la construcción, ya que influye en la eficiencia y la estabilidad económica de las empresas que siguen usando el método tradicional, los bajos rendimientos son generados por problemáticas constantes en el sector, ya que bajan la productividad, aumentan los costos y atrasan las entregas.

Varios investigadores han analizado este fenómeno desde diferentes ángulos, como la gestión de proyectos, la planificación de recursos, la capacitación del personal y el impacto financiero, por ejemplo, descubrieron que una mala planificación y un manejo deficiente de los materiales causan grandes atrasos que terminan afectando las ganancias, esto muestra que se necesitan urgentemente estrategias de gestión más efectivas para optimizar los recursos y evitar pérdidas.

En ese sentido, demostraron que usar metodologías como PMI o Lean Construction ayuda muchísimo a mejorar la productividad y a reducir el desperdicio, estos enfoques permiten abordar los problemas de planificación de forma más organizada, además resaltaron lo clave que es capacitar al personal. Su investigación reveló que los programas de formación continua pueden aumentar la eficiencia en más de un 15%, lo que subraya la importancia de invertir en el talento humano para mejorar la productividad.

Por si fuera poco, Ramírez y Castro (2021) encontraron que seguir las normativas de calidad no solo minimiza los errores, sino que también optimiza el uso de los recursos, con esto se demuestra que la capacitación y las normas pueden ser grandes aliados para mejorar todo tipo de rendimiento en la obra, Pérez y Gómez (2017) destacaron el valor de usar herramientas tecnológicas como Microsoft Project o Primavera P6 para planificar y darle seguimiento a las actividades. Su estudio mostró que usarlas correctamente puede reducir los imprevistos en un

20%, lo cual encaja con la necesidad de una gestión eficiente y no podemos olvidar los factores externos se determinaron que el mal tiempo puede reducir el rendimiento en más de un 10% si no se toman medidas preventivas, lo que nos recuerda que debemos tener estrategias para enfrentar los efectos del clima.

El impacto financiero de los retrasos es otro punto crítico concluyeron que un retraso promedio del 10% puede aumentar los costos hasta en un 25%. Esto resalta la urgencia de una planificación efectiva y de herramientas de control para anticipar y evitar que los plazos se salgan de control. Buscando una mayor eficiencia, Fernández y su equipo (2022) examinaron el uso de tecnologías de monitoreo en tiempo real, como sensores y software de gestión. Encontraron que mejoran la toma de decisiones y reducen el desperdicio. Este avance tecnológico es una solución innovadora para optimizar la productividad y el uso de recursos.

Por su lado se compararon diferentes políticas y destacaron que las estrategias de incentivos mejoran el desempeño laboral, este planteamiento complementa la capacitación y la tecnología, ya que reconoce que el motivo de los trabajadores es clave para la eficiencia del proyecto, finalmente, Vargas y Peña (2023) analizaron cómo las regulaciones y políticas públicas influyen en la eficiencia. Su estudio concluyó que adaptarse a las normas internacionales mejora la calidad y reduce los costos a largo plazo. Esto refuerza la idea de que una gestión integral, que combine planificación, capacitación, normas y tecnología, es la fórmula para el éxito en los proyectos de construcción.

En resumen, la baja productividad en las obras de concreto es un problema complejo con muchas causas, la administración de proyectos, la planificación, la capacitación y el uso de tecnología son estrategias fundamentales para mejorar el rendimiento, por eso, esta investigación busca contribuir al conocimiento existente al proponer políticas específicas que ayuden a optimizar la ejecución de proyectos con métodos tradicionales y a reducir su impacto financiero.

2.2 Marco Teórico

El análisis se apoya en varias teorías sobre la gestión de la construcción y la productividad, como señalan Pimienta Prieto y su equipo (2018), el éxito de un proyecto de concreto reforzado no es casualidad; depende de la calidad de los materiales, de que el personal esté bien capacitado y de tener políticas de control estrictas. Es fundamental integrar técnicas de gestión de calidad, como el uso de KPI (indicadores clave de rendimiento) y estrategias de mejora continua. (Pimienta Prieto, 2018)

Además, estudios insisten en que la innovación es un factor clave para reducir costos y ser más eficientes. Por eso, mi trabajo resalta la importancia de adoptar metodologías modernas como el BIM (Building Information Modeling). Estas tecnologías no solo optimizan los procesos, sino que también nos ayudan a predecir y evitar posibles fallos en la fabricación del concreto. En resumen, esta investigación toma como base estas teorías para optimizar el rendimiento de las estructuras de concreto reforzado, y a continuación, te explico los conceptos clave que la guían.

2.2.1 Gerencia de Proyectos en la Construcción

La gerencia de proyectos es un enfoque sistemático para la planificación, ejecución y control de actividades, con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto de manera eficiente (PMI, 2021). En el sector de la construcción, esta disciplina permite optimizar la utilización de recursos, reducir costos y mejorar la calidad de las obras una gestión de proyectos efectiva en la construcción debe incluir metodologías como el PMBOK (Project Management Body of Knowledge), que abarca procesos clave como la gestión del tiempo, costo, calidad y riesgos. (Pimienta Prieto, 2018) resaltan que la integración de indicadores clave de desempeño (KPI, Key Performance Indicators) facilita la evaluación del rendimiento y la toma de decisiones estratégicas en la ejecución de obras de concreto reforzado.

2.2.2 Productividad en la Construcción

La productividad en el sector de la construcción se refiere a la proporción entre los insumos empleados y los resultados logrados en lo que respecta a costos, calidad y tiempos.

Mejorar la productividad es posible optimizando el tiempo de ejecución y disminuyendo los desperdicios, lo cual se puede alcanzar con una planificación efectiva y con la utilización de tecnologías avanzadas.

Se resalta la importancia de innovar para optimizar la eficiencia, haciendo hincapié en que el Building Information Modeling (BIM) es un instrumento esencial para supervisar y planear proyectos. Este modelo posibilita la simulación del proceso de construcción y la previsión de problemas antes de que se realice en el lugar.

2.2.3 Políticas y Estrategias para la Mejora del Rendimiento en Obra

Para incrementar la productividad en la construcción, es esencial poner en práctica políticas y estrategias apropiadas. La metodología Lean Construction, de acuerdo con sugiere que se eliminen las actividades que no aportan valor, que disminuyan los desperdicios y que se optimice el flujo de trabajo en la construcción.

Por otro lado, proponen que se utilicen los estándares de ISO 9001 en la gestión de calidad para garantizar una mayor eficacia en las operaciones relacionadas con estructuras de concreto reforzado, (Gastélum-Escalante, 2021) también subrayan la relevancia de instaurar políticas de control en el manejo de riesgos, con el objetivo de reducir al mínimo los contratiempos que tengan la posibilidad de impactar la productividad.

2.2.4 Impacto de la Capacitación y Gestión del Talento Humano

El factor humano es fundamental para llevar a cabo proyectos de construcción, la formación continua del personal de obra incrementa notablemente el rendimiento y disminuye los errores en la ejecución del concreto reforzado. La puesta en marcha de programas de capacitación que se fundamenten en competencias gerenciales y técnicas puede mejorar la eficacia operativa y robustecer el espíritu de calidad en la industria de la construcción.

2.2.5 Innovación y Tecnología en la Construcción

La optimización de proyectos en construcción se ha visto mejorada gracias a la automatización y al uso de herramientas digitales, la introducción de software para la

planificación y el uso de sensores en tiempo real para supervisar la resistencia del concreto, posibilita un mejor control de calidad y disminuye los plazos de ejecución.

2.3 Marco Normativo

En el contexto legal, la ley juega un papel esencial en la normativa de los procesos de edificación. A escala nacional, normativas técnicas como el Código de Construcción y las especificaciones de los materiales de construcción establecen los estándares de baja calidad en los procedimientos de edificación es importante mencionar la normatividad juega un papel clave en la regulación de los procesos constructivos, en el ámbito nacional, las normas técnicas como el Reglamento de Construcción y las especificaciones de los materiales de concreto establecen los estándares mínimos de calidad, la construcción en Colombia está regulada por un conjunto de normativas técnicas, ambientales y legales que aseguran la seguridad estructural, la calidad de los materiales y la eficacia en la realización de construcciones, este estudio se fundamenta en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y otras normativas vinculadas a proyectos de concreto reforzado. (ICONTEC, 2019)

El NSR-10 constituye el marco fundamental para construcciones, definiendo requerimientos técnicos para el diseño y la construcción de estructuras de hormigón reforzado. El Capítulo C - Estructura específica (criterios de resistencia y dosificación), el Capítulo J - Normas de construcción y supervisión (técnicas de inspección) y el Capítulo A - Requisitos generales (orientaciones de diseño y seguridad) son capítulos de relevancia. Las Normativas Técnicas Colombianas (NTC), de ICONTEC, regulan los materiales, destacan la NTC 673 (calidad del cemento), NTC 2289 (concreto premezclado), NTC 4025 (resistencia a la compresión del concreto) y NTC 1920 (calidad de agregados). (Congreso, Ley 99 de 1993 Normativa ambiental y su impacto en la industria de la construcción en Colombia, 1993)

En el ámbito jurídico y administrativo, la Ley 400 de 1997 define la seguridad estructural y las obligaciones, (Congreso, Ley 400 de 1997 Reglamentación sobre seguridad estructural en edificaciones, 1997) mientras que la Ley 1796 de 2016 (Ley de Vivienda Segura), que se originó después del caso Space, establece un control más estricto en la supervisión, seguros obligatorios y la aplicación del NSR-10. El Decreto 1077 de 2015 establece las autorizaciones para construir, exigiendo la observancia del NSR-10 y la obligación de los constructores, posteriormente las regulaciones ambientales, la Ley 99 de 1993 impone restricciones en

manejo de residuos y consumo de recursos, la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Ambiente regula la gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), (Ministerio de Vivienda, 2015) promoviendo planes de manejo, reutilización y reciclaje. (Congreso, Ley 99 de 1993 Normativa ambiental y su impacto en la industria de la construcción en Colombia, 1993)

Finalmente, las normativas locales y ordenanzas municipales complementan lo anterior. Los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) señalan áreas de edificación y limitaciones, ciertas alcaldías requieren permisos ambientales municipales, y hay normativas locales sobre seguridad laboral, particularmente en áreas propensas a terremotos. La legislación de Colombia establece un marco sólido para las construcciones de hormigón reforzado, garantizando su seguridad, calidad y eficacia. Esta investigación se basa en estas regulaciones para mejorar la implementación de estructuras de hormigón reforzado fabricadas en el lugar.

2.3.1 Implicaciones del Marco Legal y Técnico

La construcción en Colombia está regulada por un conjunto de normativas técnicas, ambientales y legales que aseguran la seguridad estructural, la calidad de los materiales y la eficiencia en la ejecución de obras. Esta investigación se basa en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (Sísmica, 2010), las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y otras leyes relacionadas con proyectos de concreto reforzado, el NSR-10 (Decreto 926 de 2010) es el marco principal para edificaciones, estableciendo requisitos técnicos para el diseño y ejecución de estructuras de concreto reforzado. Los capítulos relevantes incluyen el Capítulo C – Concreto estructural (estándares de resistencia y dosificación), el Capítulo J – Criterios de construcción y supervisión (procedimientos de inspección) y el Capítulo A – Requisitos generales (lineamientos de diseño y seguridad), las Normas Técnicas Colombianas (NTC), de ICONTEC, regulan los materiales. Destacan la NTC 673 (calidad del cemento), NTC 2289 (concreto premezclado), NTC 4025 (resistencia a la compresión del concreto) y NTC 1920 (calidad de agregados).

En el ámbito jurídico y administrativo, la Ley 400 de 1997 define la seguridad estructural y las responsabilidades correspondientes. La Ley 1796 de 2016 (Ley de Vivienda Segura), emanada del caso Space, establece un mayor control en la supervisión, los seguros obligatorios y la estricta implementación del NSR-10. El Decreto 1077 de 2015 establece las autorizaciones para construir, exigiendo la observancia del NSR-10 y la obligación de los constructores.

Respecto a normativas medioambientales, la Ley 99 de 1993 establece limitaciones en la gestión de desechos y el uso de recursos. El Ministerio del Ambiente estableció la Resolución 472 de 2017 que regula la administración de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), (Ministerio de Vivienda, 2015) incentivando programas de gestión, reutilización y reciclaje. Finalmente, las regulaciones locales y las leyes municipales añaden lo mencionado anteriormente. Los Programas de Organización

3 METODOLOGÍA

El estudio tiene un alcance explicativo y propositivo, explicará las causas de los bajos rendimientos en la ejecución de estructuras de concreto reforzado fabricado en sitio y propondrá políticas de mejora, basadas en la identificación de estrategias efectivas en la industria de la construcción.

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

Esta investigación utiliza un enfoque combinado, metodologías técnicas cualitativas y cuantitativas para examinar los elementos que influyen en el desempeño en la producción de concreto en sitio y su repercusión económica, se empleará un enfoque descriptivo y analítico, fundamentado en la recopilación de datos mediante la observación directa en construcciones, cuestionarios, entrevistas y análisis económico.

El método cuantitativo facilitará la medición y análisis de los tiempos de realización, el uso de materiales y los gastos relacionados, mientras que el método cualitativo permitirá reconocer percepciones y tácticas empleadas por los expertos en la industria, la investigación se basa en metodologías como Lean Construction, (BIM, 2021) las cuales han probado su eficacia en la mejora de los procesos de construcción. (Acuña, 2019)

3.2 Población y muestra

El grupo de interés de este estudio se compone de empresas de construcción que emplean el método convencional de producción de hormigón en sitio, para la recopilación de información, se elegirá un grupo de obras en marcha en el sector de la construcción de la

región, donde se realizará un análisis exhaustivo de los factores técnicos y administrativos que inciden directamente en el desempeño de la construcción de estructuras de hormigón reforzado.

Para dar contexto al estudio, se estima que en el departamento de Santander hay 435 empresas inscritas con actividades vinculadas a la construcción, de acuerdo con información de Empresite Colombia. Además, se resalta un incremento reciente en el sector, con la fundación de 867 nuevas empresas en las 13 subsectores de la cadena productiva de la construcción en Santander durante el primer semestre de 2023, de acuerdo con un reporte de CAMACOL Santander.

Los criterios de selección de la muestra se definen de la siguiente manera para asegurar la pertinencia y relevancia de los datos recolectados:

Se incluirán

- obras de construcción en curso donde se esté empleando activamente concreto reforzado fabricado en sitio. Esto garantiza que la observación y los datos corresponden a procesos reales y actuales.
- Las empresas constructoras seleccionadas deberán ser de mediano y gran tamaño en Santander, Colombia, y que trabajen con este método constructivo específico. Esta focalización permite analizar organizaciones con una infraestructura y volumen de proyectos que pueden ofrecer información significativa sobre los rendimientos.
- Se incluirán profesionales y operarios directamente involucrados en la fabricación del concreto en obra. Esto abarca ingenieros, arquitectos, maestros de obra y obreros, cuyas perspectivas y experiencias son cruciales para entender los factores que afectan el rendimiento.
- Para el cálculo y selección de la muestra, se optará por un muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta metodología implica seleccionar aquellas obras que sean fácilmente accesibles y que puedan proporcionar datos relevantes sobre el rendimiento y los costos, facilitando la logística de la recolección de información. A pesar de ser un muestreo por conveniencia, se buscará establecer un tamaño muestral basado en un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Aunque estos parámetros suelen aplicarse en muestreos probabilísticos, su mención en este contexto indica un

esfuerzo por asegurar una representatividad cualitativa y la robustez de los hallazgos dentro del sector específico estudiado.

3.3 Instrumento

Para conseguir información objetiva y relevante para la elaboración de políticas, se utilizarán las siguientes herramientas:

- **Detalle directa en la obra:** Este procedimiento facilitará el registro de tiempos de producción y colocación del hormigón, detectar problemas que se repiten durante el mezclado y vaciado, y cuantificar los residuos y trabajos repetitivos durante la construcción de las estructuras.
- **Cuestionarios a expertos del sector:** Se llevarán a cabo sondeos para valorar los factores clave que inciden en la eficacia de la producción de hormigón en sitio y para reconocer las acciones correctivas ya establecidas en varios proyectos.
- **Evaluación de documentos y regulaciones:** Se llevará a cabo un análisis detallado de investigaciones anteriores sobre el desempeño en la producción de concreto y un examen de las normativas técnicas colombianas pertinentes, como el NSR-10 y las normas ICONTEC, vinculadas con la fabricación de concreto.
- **Análisis de costos y evaluación financiera:** Se analizará el efecto económico de los bajos rendimientos, contrastando los gastos de producción en sitio con los del hormigón premezclado y identificando los costos excesivos producidos por desechos y reprocesos.

3.4 Descripción de procedimientos

El proceso de investigación se llevará a cabo en dos etapas clave para la recopilación de información:

Etapas 1: Revisión de documentos y regulaciones vigentes.

Esta fase inicial conlleva un examen minucioso de las normativas colombianas que controlan la producción de concreto en el lugar. Además, se determinarán las directrices de

administración de proyectos relevantes que puedan implementarse para mejorar este proceso de construcción.

Etapa 2: Empleo en terreno Etapa 2: Labor en terreno

En esta etapa, se llevarán a cabo cuestionarios y entrevistas a expertos del sector, los cuales se añadirán como apéndices al documento. Simultáneamente, se realizarán tareas de observación y recopilación de información directamente en las obras escogidas. En estas observaciones, se documentarán sistemáticamente los tiempos de realización, el uso de materiales y el desempeño.

3.5 Análisis de la información

La Tercera Fase de la metodología se enfocará en el examen detallado y metódico de toda la información recopilada. Este procedimiento es crucial, pues facilitará la conversión de los datos brutos y dispares recolectados en saberes relevantes y conclusiones sólidas que se alineen con los propósitos de la investigación.

Se comenzará con el manejo y la estructuración de la información recolectada de las encuestas, las transcripciones de las entrevistas y los registros de observación en la obra. Esto conllevará labores como la purificación de la información, la verificación de los datos y su organización en formatos apropiados para el análisis. El propósito principal de este análisis será identificar los elementos esenciales que contribuyen a los bajos rendimientos en la construcción de estructuras de hormigón reforzado producidas en el lugar. Se buscarán patrones habituales, irregularidades y relaciones entre las variables detectadas y los problemas de desempeño, como falencias en la planificación, administración deficiente de recursos humanos y materiales, problemas de calidad en la mezcla de hormigón o errores en los procedimientos de supervisión.

Luego, los resultados logrados serán evaluados cuidadosamente con investigaciones anteriores significativas y con las mejores prácticas detectadas en el sector de la construcción. Esta fase es esencial para poner en contexto los resultados, confirmar su importancia y resaltar las especificidades que distinguen la situación detectada en las obras analizadas. El enfrentamiento con la bibliografía y las normas industriales facilitará la definición de un marco de referencia que señale las desviaciones y las áreas de oportunidad.

3.6 Consideraciones éticas

En el desarrollo de este proyecto, se dará prioridad al acatamiento de los estándares éticos más elevados, se asegurará la privacidad de los datos obtenidos y se conseguirá el consentimiento informado de todos los participantes, garantizando que entiendan el objetivo del estudio y la utilización de su información. Este compromiso moral estará en total concordancia con la normativa de Uniminuto y los principios generales de investigación.

Además, se pondrán en marcha herramientas de aceptación y autorización, mostrando formatos concretos de consentimiento y adquiriendo las autorizaciones requeridas para la recopilación de datos en los trabajos de edificación, lo que garantizará la salvaguarda de los derechos de los involucrados y la utilización correcta de la información.

4 Datos recolectados

A continuación, se presenta un análisis técnico de las 19 preguntas de la encuesta, integrando referencias bibliográficas relevantes que respaldan las observaciones y conclusiones sobre la fabricación de concreto en sitio.

Los datos de este estudio provienen de una encuesta aplicada como técnica de análisis, en línea con el enfoque mixto y el alcance explicativo y propositivo de la investigación, la encuesta fue realizada a 50 personas del gremio mencionado, titulada “Encuesta a profesionales del sector”, fue diseñada para ingenieros civiles, arquitectos, supervisores de obra y directores de proyectos con experiencia en construcción tradicional. El formato de la encuesta incluyó preguntas cerradas de opción múltiple y de escala de Likert.

El cuestionario fue meticulosamente elaborado y organizado en cinco segmentos fundamentales con el fin de analizar diferentes características del concreto producido en el lugar. Estos apartados incluyeron desde información general acerca de los profesionales hasta elementos que inciden en la eficiencia, inconvenientes habituales de calidad, la frecuencia con que se desperdician o reprocesan materiales, cómo se evalúa el entrenamiento del personal y las causas más comunes de malgasto de materiales. Asimismo, se investigó acerca del impacto financiero y los costos asociados, incluyendo el porcentaje estimado de sobrecostos, la cifra de mayor impacto en términos financieros, la identificación de sobrecostos y la rentabilidad

comparativa con el concreto premezclado. Por último, se analizaron las medidas para optimizar el rendimiento y disminuir los costos, así como las percepciones referentes a las políticas actuales y las que deberían aplicarse para mitigar el impacto financiero.

La recolección de datos se realizó a través de la realización de encuestas a profesionales del sector y entrevistas, además de observación directa en obras elegidas; la población objetivo estaba conformada por empresas constructoras que emplean el método convencional de fabricación de concreto in situ, eligiendo una muestra no probabilística por conveniencia, en obras en curso ubicadas en Santander, Colombia. Se registraron los tiempos, la cantidad de materiales empleados y el rendimiento en la producción del concreto; se evaluaron técnicamente las respuestas de 50 expertos.

Para el análisis de la información, se procesaron los datos recolectados para identificar factores clave en los bajos rendimientos y evaluar el impacto financiero de los problemas detectados. Este análisis técnico de las 19 preguntas de la encuesta integró referencias bibliográficas relevantes y se vinculó con estudios, normas y lineamientos nacionales e internacionales de la industria de la construcción en Colombia. Los datos se utilizaron para respaldar las observaciones y conclusiones sobre la fabricación de concreto en sitio.

4.1 Codificación de Datos

Para el análisis y codificación de datos de la "ENCUESTA A PROFESIONALES DEL SECTOR", se utilizó Jamovi, el proceso implicó trabajar con variables cualitativas de tipo nominal, dicotómicas y politómicas, adecuadas para el análisis de respuestas cerradas de opción múltiple y escala de Likert. Los datos recolectados fueron inicialmente organizados en una hoja de cálculo de Excel antes de ser importados a Jamovi para su posterior análisis.

Los datos se categorizaron principalmente como variables cualitativas, para cada pregunta de la encuesta, se asignaron códigos numéricos en Jamovi para facilitar el análisis estadístico, el proceso de codificación incluyó la carga de datos desde Excel a Jamovi, seguido por la asignación de códigos a cada categoría de respuesta, este proceso se realizó manualmente para asegurar la precisión y consistencia de los datos, cada variable cualitativa fue etiquetada cuidadosamente en Jamovi, lo cual facilitó el análisis estadístico posterior, las etiquetas asignadas fueron revisadas minuciosamente para verificar su correcta asignación.

La validación de la codificación fue un paso crucial para garantizar la exactitud de los datos. Se revisaron todas las etiquetas asignadas en Jamovi para asegurar que cada categoría estuviera correctamente representada, cualquier discrepancia o error en la codificación fue corregido antes de proceder con el análisis, los datos codificados se almacenaron en la base de datos de Jamovi y se realizaron análisis estadísticos para examinar las relaciones entre las variables y responder a las preguntas de investigación.

A continuación, se detalla la codificación específica para cada pregunta de la encuesta:

Variable	Abreviatura	Concepto	Tipo de variable	Nominal / ordinal	Datos
Profesión	Profesión	Profesión del encuestado	Cualitativa	Nominal	1. Ingeniero civil
					2. Arquitecto
					3. Supervisor de obra
					4. Director de proyectos
Años de experiencia	Experiencia	Años de experiencia	Cualitativa	Ordinal	1. Menos de 5 años
					2. 5 - 10 años
					3. 11 - 20 años
					4. Más de 20 años
Tipo de proyecto	Tipo de proyecto	Tipo de proyectos con concreto en sitio	Cualitativa	Nominal	1. Vivienda unifamiliar
					2. Edificaciones comerciales
					3. Infraestructura vial
					4. Obras industriales
¿Ha trabajado en proyectos donde se utilice concreto fabricado en sitio?	Proyectos en sitio	Experiencia con concreto en sitio	Cualitativa	Dicotómica	1. Sí
					2. No
¿Cuáles considera que son los principales factores que afectan la eficiencia de la fabricación del concreto en sitio?	Factores afectan eficiencia	Principales factores que afectan la eficiencia	Cualitativa	Nominal	1. Mala dosificación de materiales
					2. Falta de capacitación del personal
					3. Uso de materiales de baja calidad
					4. Condiciones ambientales adversas
					5. Falta de supervisión y control de calidad
					6. Retrasos en la entrega de materiales
¿En su experiencia, qué problemas de calidad son más frecuentes en el concreto fabricado en sitio?	Problemas de calidad	Problemas de calidad frecuentes	Cualitativa	Nominal	1. Baja resistencia
					2. Segregación de materiales
					3. Problemas en el fraguado
					4. Formación de fisuras prematuras
¿Con qué frecuencia se presentan reprocesos o desperdicios en la fabricación del concreto en sitio?	Frecuencia reprocesos	Frecuencia de reprocesos o desperdicios	Cualitativa	Ordinal	1. Nunca
					2. Ocasionalmente
					3. Frecuentemente
					4. Siempre

¿Cómo evalúa la capacitación del personal que interviene en la fabricación de concreto en sitio?	Capacitación del personal	Evaluación de la capacitación	Cualitativa	Ordinal	1. Deficiente
					2. Regular
					3. Buena
					4. Excelente
¿Cuáles cree que son las principales causas de desperdicio de materiales en la fabricación del concreto en sitio?	Causas de desperdicio	Causas de desperdicio de materiales	Cualitativa	Nominal	1. Mala dosificación de los componentes
					2. Errores en la mezcla y vaciado
					3. Falta de planificación
					4. Condiciones climáticas adversas
¿Considera que el uso de concreto fabricado en sitio es más rentable que el uso de concreto premezclado?	Rentable en sitio	Rentabilidad del concreto en sitio vs premezclado	Cualitativa	Nominal	1. Sí
					2. No
					3. Depende del tipo de obra
¿Ha identificado sobrecostos en proyectos debido a problemas en la fabricación del concreto en sitio?	Sobrecostos en sitio	Sobrecostos en proyectos por problemas en la fabricación de concreto en sitio	Cualitativa	Dicotómica	1. Sí
					2. No
¿Cuál de los siguientes factores tiene mayor impacto financiero en la fabricación del concreto en sitio?	Factor de impacto financiero en situ	Factor de mayor impacto financiero	Cualitativa	Nominal	1. Desperdicio de materiales
					2. Retrasos en la ejecución
					3. Costos adicionales por retrabajos
					4. Falta de planificación
¿Cuál es el porcentaje aproximado de sobrecostos en la fabricación del concreto en sitio en los proyectos donde ha trabajado?	Porcentaje sobrecostos	Porcentaje aproximado de sobrecostos	Cualitativa	Ordinal	1. Menos del 5%
					2. 5% - 10%
					3. 11% - 20%
					4. Más del 20%
¿Qué medidas cree que podrían mejorar la eficiencia en la fabricación del concreto en sitio?	Medidas mejorar eficiencia	Medidas para optimizar el rendimiento y reducir costos	Cualitativa	Nominal	1. Implementación de controles de calidad más estrictos
					2. Mejor planificación y programación de actividades
					3. Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction
					4. Capacitación continua del personal
					5. Uso de materiales certificados y mejores prácticas en mezclado
Control de calidad en la mezcla (1-5)	Contro calidad mezcla	Control de calidad en la mezcla (1-5)	Cualitativa	Ordinal	1. 1
					2. 2
					3. 3
					4. 4
					5. 5
Supervisión constante en la obra (1-5)	Supervisión de obra	Supervisión constante en la obra (1-5)	Cualitativa	Nominal	1. 1
					2. 2

					3. 3
					4. 4
					5. 5
Uso de metodologías de gestión de proyectos (1-5)	Uso Metodología	Uso de metodologías de gestión de proyectos (1-5)	Cualitativa	Nominal	1. 1
					2. 2
					3. 3
					4. 4
					5. 5
Optimización de tiempos en el proceso (1-5)	Optimización tiempos de proyecto	Optimización de tiempos en el proceso (1-5)	Cualitativa	Nominal	1. 1
					2. 2
					3. 3
					4. 4
					5. 5
Automatización o modernización del proceso (1-5)	Automatización de procesos	Automatización o modernización del proceso (1-5)	Cualitativa	Nominal	1. 1
					2. 2
					3. 3
					4. 4
					5. 5
¿Existen políticas adecuadas en Colombia para optimizar el rendimiento en la fabricación del concreto en sitio?	Políticas adecuadas	Políticas para mitigar el impacto financiero	Cualitativa	Nominal	1. Sí
					2. No
					3. No estoy seguro
¿Qué tipo de políticas cree que deberían implementarse para reducir el impacto financiero de los bajos rendimientos?	Políticas a implementar	Políticas que deberían implementarse	Cualitativa	Nominal	1. Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio
					2. Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos
					3. Mayor capacitación obligatoria en la industria
					4. Implementación de normas de productividad en la construcción
¿Cree que la digitalización y automatización pueden mejorar la eficiencia del concreto fabricado en sitio?	Digitalización mejora eficiencia	Digitalización y automatización para mejorar la eficiencia	Cualitativa	Nominal	1. Sí
					2. No
					3. No estoy seguro
¿Su empresa cuenta con protocolos internos para reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia en la fabricación del concreto en sitio?	Cuenta con protocolos	Protocolos internos para reducir desperdicio y mejorar eficiencia	Cualitativa	Nominal	1. Sí
					2. No
					3. No lo sé

Tabla 1 - Tabla de Codificación Específica

Variable	Abreviatura	Concepto	Tipo de variable	Nominal / ordinal	Datos
Profesión	Profesión	Profesión del encuestado	Cualitativa	Nominal	1. Ingeniero civil 2. Arquitecto 3. Supervisor de obra 4. Director de proyectos
Años de experiencia	Experiencia	Años de experiencia	Cualitativa	Ordinal	1. Menos de 5 años 2. 5 - 10 años 3. 11 - 20 años 4. Más de 20 años
Tipo de proyecto	Tipo de proyecto	Tipo de proyectos con concreto en sitio	Cualitativa	Nominal	1. Vivienda unifamiliar 2. Edificaciones comerciales 3. Infraestructura vial 4. Obras industriales
¿Ha trabajado en proyectos donde se utilice concreto fabricado en sitio?	Proyectos en sitio	Experiencia con concreto en sitio	Cualitativa	Dicotómica	1. Sí 2. No
¿Cuáles considera que son los principales factores que afectan la eficiencia de la fabricación del concreto en sitio?	Factores afectan eficiencia	Principales factores que afectan la eficiencia	Cualitativa	Nominal	1. Mala dosificación de materiales 2. Falta de capacitación del personal 3. Uso de materiales de baja calidad 4. Condiciones ambientales adversas 5. Falta de supervisión y control de calidad 6. Retrasos en la entrega de materiales
¿En su experiencia, qué problemas de calidad son más frecuentes en el concreto fabricado en sitio?	Problemas de calidad	Problemas de calidad frecuentes	Cualitativa	Nominal	1. Baja resistencia 2. Segregación de materiales 3. Problemas en el fraguado 4. Formación de fisuras prematuras
¿Con qué frecuencia se presentan reprocesos o desperdicios en la fabricación del concreto en sitio?	Frecuencia reprocesos	Frecuencia de reprocesos o desperdicios	Cualitativa	Ordinal	1. Nunca 2. Ocasionalmente 3. Frecuentemente 4. Siempre
¿Cómo evalúa la capacitación del personal que interviene en la fabricación de concreto en sitio?	Capacitación del personal	Evaluación de la capacitación	Cualitativa	Ordinal	1. Deficiente 2. Regular 3. Buena 4. Excelente
¿Cuáles cree que son las principales causas de desperdicio de materiales en la fabricación del concreto en sitio?	Causas de desperdicio	Causas de desperdicio de materiales	Cualitativa	Nominal	1. Mala dosificación de los componentes 2. Errores en la mezcla y vaciado 3. Falta de planificación 4. Condiciones climáticas adversas
¿Considera que el uso de concreto fabricado en sitio es más rentable que el uso de concreto premezclado?	Rentable en sitio	Rentabilidad del concreto en sitio vs premezclado	Cualitativa	Nominal	1. Sí 2. No 3. Depende del tipo de obra
¿Ha identificado sobrecostos en proyectos debido a problemas en la fabricación del concreto en sitio?	Sobrecostos en sitio	Sobrecostos en proyectos por problemas en la	Cualitativa	Dicotómica	1. Sí 2. No

		fabricación de concreto en sitio			
¿Cuál de los siguientes factores tiene mayor impacto financiero en la fabricación del concreto en sitio?	Factor de impacto financiero en situ	Factor de mayor impacto financiero	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desperdicio de materiales 2. Retrasos en la ejecución 3. Costos adicionales por retrabajos 4. Falta de planificación
¿Cuál es el porcentaje aproximado de sobrecostos en la fabricación del concreto en sitio en los proyectos donde ha trabajado?	Porcentaje sobrecostos	Porcentaje aproximado de sobrecostos	Cualitativa	Ordinal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menos del 5% 2. 5% - 10% 4. 11% - 20% 5. Más del 20%
¿Qué medidas cree que podrían mejorar la eficiencia en la fabricación del concreto en sitio?	Medidas mejorar eficiencia	Medidas para optimizar el rendimiento y reducir costos	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementación de controles de calidad más estrictos 2. Mejor planificación y programación de actividades 3. Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction 4. Capacitación continua del personal 5. Uso de materiales certificados y mejores prácticas en mezclado
Control de calidad en la mezcla (1-5)	Contro calidad mezcla	Control de calidad en la mezcla (1-5)	Cualitativa	Ordinal	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5
Supervisión constante en la obra (1-5)	Supervisión de obra	Supervisión constante en la obra (1-5)	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5
Uso de metodologías de gestión de proyectos (1-5)	Uso Metodología	Uso de metodologías de gestión de proyectos (1-5)	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5
Optimización de tiempos en el proceso (1-5)	Optimización tiempos de proyecto	Optimización de tiempos en el proceso (1-5)	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5
Automatización o modernización del proceso (1-5)	Automatización de procesos	Automatización o modernización del proceso (1-5)	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5
¿Existen políticas adecuadas en Colombia para optimizar el rendimiento en la fabricación del concreto en sitio?	Políticas adecuadas	Políticas para mitigar el impacto financiero	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sí 2. No 3. No estoy seguro

¿Qué tipo de políticas cree que deberían implementarse para reducir el impacto financiero de los bajos rendimientos?	Políticas a implementar	Políticas que deberían implementarse	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio 2. Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos 3. Mayor capacitación obligatoria en la industria 4. Implementación de normas de productividad en la construcción
¿Cree que la digitalización y automatización pueden mejorar la eficiencia del concreto fabricado en sitio?	Digitalización mejora eficiencia	Digitalización y automatización para mejorar la eficiencia	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sí 2. No 3. No estoy seguro
¿Su empresa cuenta con protocolos internos para reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia en la fabricación del concreto en sitio?	Cuenta con protocolos	Protocolos internos para reducir desperdicio y mejorar eficiencia	Cualitativa	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sí 2. No 3. No lo sé

Tabla 2 - Respuestas Codificadas de la Encuesta

Este esquema de codificación permite una estructura clara para la importación y el análisis de los datos en Jamovi, facilitando la interpretación estadística de las respuestas obtenidas en la encuesta.

5 Resultados

Este trabajo de investigación lleva a cabo un análisis detallado que considera diferentes elementos vinculados con la gestión, la calidad y la eficacia en los procedimientos de fabricación y construcción del concreto en el lugar, destacando las prácticas y percepciones de profesionales encuestados del sector en una muestra representativa obtenida durante dicho proceso. Es relevante señalar que la población analizada está conformada, en su mayoría, por arquitectos, ingenieros civiles, supervisores de obra y directores de proyectos con diversos grados de experiencia. Esto ayuda a proporcionar una perspectiva integral sobre los problemas y las estrategias presentes en la región, asegurando así una visión total del proceso.

En primer lugar, el análisis muestra que la gran mayoría de las compañías y los profesionales tienen en cuenta la importancia de aumentar la eficiencia en los procesos de construcción y están aplicando acciones para lograrlo. Por ejemplo, casi la mitad de los encuestados afirma tener protocolos internos para disminuir desperdicios y optimizar recursos,

en aras de la mejora continua. Pero también se evidencia que todavía existen muchas organizaciones que no cuentan con dichos protocolos, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la gestión interna en muchas organizaciones.

Por otra parte, la opinión sobre las políticas públicas y las medidas gubernamentales para mejorar el desempeño del sector de la construcción es de desconfianza y mala evaluación de su rentabilidad y efectividad. La mayoría de los profesionales cree que en Colombia no se implementan ni existen mecanismos eficientes para promover la eficiencia y la calidad en las obras, demostrando que existe una desconexión entre las políticas y lo que el sector necesita, el análisis estadístico con prueba de Chi-cuadrado muestra que, si bien en algunas variables se observan tendencias, no existen asociaciones estadísticamente significativas entre los perfiles profesionales y las políticas/estrategias de mejora planteadas. Esto puede indicar que las prácticas y opiniones son similares en los distintos roles, o que las variables estudiadas no están lo suficientemente asociadas como para encontrar diferencias en el contexto estudiado.

Finalmente, se reconocen las principales causas que influyen en la eficiencia y calidad de las obras (retrasos, errores en la mezcla y vaciado) y las consecuencias económicas que generan. Los datos también indican que, en cuanto a fallas de calidad, la resistencia y la segregación son las que más preocupan y que los perjuicios en costos y plazos son usuales en las obras estudiadas, este estudio hace una revisión de las prácticas actuales de manejo del concreto y construcción en obra, señalando los puntos de mejora y proponiendo medidas para mejorar la calidad, disminuir el desperdicio y optimizar los procesos a nivel regional y nacional.

Tabla 1. Tabla de contingencia comparación de profesional VS Tipo de Proyecto.

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	TIP_PROY				Total
	Vivienda unifamiliar	Edificaciones comerciales	Infraestructura vial	Obras industriales	
Ingeniero civil	12	4	2	2	20
Arquitecto	7	5	2	1	15
Supervisor de obra	5	3	1	1	10
Director de proyectos	1	3	0	1	5
Total	25	15	5	5	50

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	TIP_PROY				Total
	Vivienda unifamiliar	Edificaciones comerciales	Infraestructura vial	Obras industriales	
Prueba de McNemar					
	Valor	gl	p		
χ^2	4.64	6	0.591		
N	50				

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La Tabla 1 presenta la distribución de la evolución profesional de un grupo de 50 personas según el tipo de proyecto. En total, 20 son Ingenieros Civiles (40%), 15 son Arquitectos (30%), 10 son Supervisores de Obra (20%) y 5 son directores de Proyectos (10%). A continuación, se presenta el desglose por tipo de proyecto. Vivienda unifamiliar: 25 personas en total (50%), con 12 Ingenieros Civiles, 7 Arquitectos, 5 Supervisores de Obra y 1 director de Proyectos, edificaciones comerciales 15 personas (30%), con 4 Ingenieros Civiles, 5 Arquitectos, 3 Supervisores de Obra y 3 Directores de Proyectos, infraestructura vial 5 personas (10%), con 2 Ingenieros Civiles, 2 Arquitectos, 1 Supervisor de Obra y 0 directores de Proyectos, Obras industriales 5 personas (10%), con 2 Ingenieros Civiles, 1 Arquitecto, 1 Supervisor de Obra y 1 director de Proyectos.

Por último, realizando un análisis clave podemos concluir que la mayor participación se observa en Vivienda unifamiliar (50%), seguida de Edificaciones comerciales (30%), Infraestructura vial (10%) y Obras industriales (10%) de igual forma dentro de cada tipo de proyecto, los Ingenieros Civiles suelen ser el grupo más representado, salvo en Edificaciones comerciales, donde la distribución entre Arquitectos y otros roles es más equilibrada, es importante mencionar que la prueba de McNemar ($\chi^2 = 4.64$; $gl = 6$; $p = 0.591$) sugiere que no hay evidencia suficiente para afirmar diferencias significativas en la distribución de perfiles entre las categorías evaluadas a un nivel de confianza habitual.

Tabla 2. Tabla de contingencia comparación de Factores que afectan la eficiencia y los problemas de calidad frecuentes.

PROB_CAL	REPRO				Total
	Nunca	Ocasionalmente	Frecuentemente	Siempre	
Baja resistencia	2	4	8	4	18
Segregación de materiales	0	6	4	2	12
Problemas en el fraguado	2	1	5	0	8
Formación de fisuras prematuras	1	4	3	4	12
Total	5	15	20	10	50

Prueba de McNemar

	Valor	gl	p
χ^2	14.9	6	0.021
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla de contingencia resume la relación entre los problemas de calidad frecuentes (PROB_CAL) y la frecuencia de reprocesos o desperdicios (REPRO) en un grupo de 50 casos. Se logra observar que la mayoría de los casos con baja resistencia (18 en total) se distribuyen entre las categorías de reprobación, siendo "Frecuentemente" la más común con 8 casos, seguida de "Nunca" con 4 casos. En cuanto a la "Segregación de materiales", de los 12 casos, la mayor parte (6) se encuentra en la categoría "Ocasionalmente". Para los "Problemas en el fraguado", de un total de 8 casos, la mayoría (5) se reportan como "Frecuentemente" reprobados. Finalmente, en los casos de "Formación de fisuras prematuras", de 12 casos, la distribución es más equitativa entre "Nunca" (4), "Ocasionalmente" (4) y "Siempre" (4).

De igual forma es importante mencionar que en la prueba de McNemar, con un valor de χ^2 de 14.9 y 6 grados de libertad, indica una asociación estadísticamente significativa entre la probabilidad de calibración y la reprobación ($p = 0.021$).

Tabla 3. Tabla de contingencia comparación Profesionales y su experiencia.

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	EXPERIENCIA				Total
	Menos de 5 años	5 - 10 años	11 - 20 años	Más de 20 años	
Ingeniero civil	2	7	5	6	20
Arquitecto	1	4	8	2	15
Supervisor de obra	2	3	4	1	10
Director de proyectos	0	1	3	1	5
Total	5	15	20	10	50

Prueba de McNemar

	Valor	gl	p
χ^2	15.4	6	0.017
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla de contingencia podemos evidenciar la distribución de la experiencia profesional de 50 individuos, categorizados por su rol profesional. Se observa que el grupo de "Ingeniero civil" es el más numeroso con 20 personas, distribuidas de la siguiente manera: 2 con menos de 5 años de experiencia, 7 con 5-10 años, 5 con 11-20 años y 6 con más de 20 años. Los "Arquitectos" suman 15 personas, con una concentración mayor en el rango de 5-10 años (4) y 11-20 años (8). Los "Supervisores de obra" son 10 en total, con una distribución más uniforme entre los rangos de experiencia, siendo 3 los que tienen 5-10 años. Finalmente, los "directores de proyectos" son 5, con la mayoría (3) teniendo entre 11 y 20 años de experiencia.

La prueba de McNemar, con un valor de χ^2 de 15.4 y 6 grados de libertad, indica una asociación estadísticamente significativa entre la categoría profesional y la experiencia laboral ($p = 0.017$). Esto sugiere que el rol profesional está relacionado con los años de experiencia en esta muestra de 50 individuos.

Tabla 4. Tabla de contingencia comparación Profesionales Tipo de Proyecto y su experiencia.

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	TIP_PROYECTO				Total
	Vivienda unifamiliar	Edificaciones comerciales	Infraestructura vial	Obras industriales	
Ingeniero civil	31	13	3	8	55
Arquitecto	18	15	6	2	41
Supervisor de obra	9	9	4	2	24
Director de proyectos	2	10	0	3	15
Total	60	47	13	15	135

Prueba de McNemar

	Valor	gl	p
χ^2	15.3	6	0.018
N	135		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

En la tabla de contingencia se detalla la distribución de 135 proyectos según el tipo de obra y el rol profesional involucrado. Se observa que los "Ingenieros civiles" participaron en 55 proyectos, siendo la "Vivienda unifamiliar" el tipo más común con 31 proyectos, seguido por "Obras industriales" con 8. Los "Arquitectos" estuvieron presentes en 41 proyectos, mostrando una inclinación hacia las "Edificaciones comerciales" (15 proyectos) y la "Vivienda unifamiliar" (18 proyectos). Los "Supervisores de obra" participaron en 24 proyectos, con una distribución equitativa entre "Vivienda unifamiliar" (9) y "Edificaciones comerciales" (9). Por último, los "directores de proyectos" estuvieron involucrados en 15 proyectos, destacando las "Edificaciones comerciales" con 10 proyectos.

La prueba de McNemar, con un valor de χ^2 de 15.3 y 6 grados de libertad, revela una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y el rol profesional ($p = 0.018$). Esto indica que el tipo de proyecto está relacionado con la participación de los diferentes roles profesionales en esta muestra de 135 proyectos.

Tabla 5. Tabla nos presenta los Tipos de Proyecto y porcentajes de sobrecosto.

Tablas de Contingencia

TIP_PROY	PORCEN_SOBREC				Total
	Menos del 5%	5% - 10%	11% - 20%	Más del 20%	
Vivienda unifamiliar	2	10	9	4	25
Edificaciones comerciales	2	3	4	6	15
Infraestructura vial	1	0	4	0	5
Obras industriales	0	2	3	0	5
Total	5	15	20	10	50

Prueba de McNemar

	Valor	gl	p
χ^2	24.7	6	<.001
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla de contingencia presenta la relación entre el tipo de proyecto y el porcentaje de sobrecosto, analizando 50 proyectos. Se observa que en "Vivienda unifamiliar", la mayoría de los proyectos (9 de 25) registraron un sobrecosto entre el 11% y el 20%. En "Edificaciones comerciales", el grupo con mayor número de proyectos (6 de 15) presentó un sobrecosto superior al 20%. Para "Infraestructura vial", la mayoría de los proyectos (4 de 5) se ubican en el rango del 11% al 20% de sobrecosto. Finalmente, en "Obras industriales", se observa una distribución más dispersa, con 3 de 5 proyectos presentando un sobrecosto entre el 11% y el 20%.

La prueba de McNemar, con un valor de χ^2 de 24.7 y 6 grados de libertad, indica una asociación estadísticamente muy significativa entre el tipo de proyecto y el porcentaje de sobrecosto ($p < 0.001$). Esto sugiere una fuerte relación entre la naturaleza del proyecto y la magnitud de sus sobrecostos en esta muestra de 50 proyectos.

Tabla 6. Tabla de correlación nos presenta los Tipos de Proyecto, Profesionales y Experiencia.

Matriz de correlación

		EXP	PROFESIONAL	TIP_PROY
EXP	r de Pearson	—		
	gl	—		
	valor p	—		
PROFESIONAL	r de Pearson	-0.022	—	
	gl	48	—	
	valor p	0.878	—	
TIP_PROY	r de Pearson	0.227	0.122	—
	gl	48	48	—
	valor p	0.113	0.397	—

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La matriz de correlación examina la relación entre tres variables: Experiencia Profesional (EXP), Profesional (PROFESIONAL) y Tipo de Proyecto (TIP_PROY), basada en una muestra realizada a 50 personas observando lo siguiente, en primer lugar, la correlación entre Experiencia Profesional (EXP) y Profesional (PROFESIONAL) nos presenta un coeficiente de Pearson de -0.022, con un valor p de 0.878; Esto nos indica que no existe una relación lineal estadísticamente significativa entre estas dos variables.

En cuanto a la relación entre Experiencia Profesional (EXP) y Tipo de Proyecto (TIP_PROY), podemos observar que el coeficiente de Pearson es de 0.227, con un valor p de 0.113. Si bien, es importante mencionar que, si hay una correlación positiva, esta no alcanza significancia estadística en este análisis, finalmente, la correlación entre Profesional (PROFESIONAL) y Tipo de Proyecto (TIP_PROY) presenta un coeficiente de Pearson de 0.122, con un valor p de 0.397. Al igual que en los casos anteriores, esta correlación al igual que las anteriores, no es estadísticamente significativa, en resumen, podemos concluir que los análisis de correlación de Pearson realizados no encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre las variables de Experiencia Profesional, Profesional y Tipo de Proyecto en esta muestra.

Tabla 7. Tabla de correlación nos presenta los Tipos de Proyecto, Profesionales y Rentabilidad de la Fabricación.

Matriz de correlación

		PROFESIONAL	TIP_PROY	RENT_FABRI
PROFESIONAL	r de Pearson	—		
	gl	—		
	valor p	—		
TIP_PROY	r de Pearson	0.122	—	
	gl	48	—	
	valor p	0.397	—	
RENT_FABRI	r de Pearson	0.390	0.023	—
	gl	48	48	—
	valor p	0.005	0.872	—

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

En la matriz de correlación se analiza las relaciones entre las variables Profesional, Tipo de Proyecto (TIP_PROY) y Rentabilidad de Fabricación (RENT_FABRI), con base en una muestra de 50 observaciones, en primer lugar, se puede observa la correlación entre Profesional y Tipo de Proyecto (TIP_PROY), con un coeficiente de Pearson de 0.122 y un valor p de 0.397. Estos resultados indican que no hay una relación lineal estadísticamente significativa entre estas dos variables en la muestra analizada.

A continuación, se examina la relación entre Profesional y Rentabilidad de Fabricación (RENT_FABRI). El coeficiente de Pearson es de 0.390, con un valor p de 0.005. Esto sugiere una correlación positiva y estadísticamente significativa, lo que implica que a medida que aumenta la variable Profesional, también tiende a aumentar la Rentabilidad de Fabricación, finalmente, podemos evidenciar en la tabla que la correlación entre Tipo de Proyecto (TIP_PROY) y Rentabilidad de Fabricación (RENT_FABRI) muestra un coeficiente de Pearson de 0.023 y un valor p de 0.872. Estos valores indican que no existe una relación lineal estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y la rentabilidad de fabricación en esta muestra, en resumen, el análisis de correlación revela una asociación positiva y significativa entre la variable Profesional y la Rentabilidad de Fabricación, mientras que las otras combinaciones de variables no mostraron relaciones estadísticamente significativas.

Tabla 8. Tabla de correlación nos presenta los Tipos de Proyecto, Sobrecostos y Policitas.

Matriz de correlación

		TIP_PROY	SOBRE	POLITI
TIP_PROY	r de Pearson	—		
	gl	—		
	valor p	—		
SOBRE	r de Pearson	0.045	—	
	gl	48	—	
	valor p	0.759	—	
POLITI	r de Pearson	0.204	-0.073	—
	gl	48	48	—
	valor p	0.155	0.616	—

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La matriz de correlación nos representa el análisis de las relaciones entre las variables Tipo de Proyecto (TIP_PROY), Sobrecosto (SOBRE) y Política (POLITI), basado en una muestra de 50 observaciones, Inicialmente se examina la correlación entre Tipo de Proyecto (TIP_PROY) y Sobrecosto (SOBRE). El coeficiente de Pearson es de 0.045, con un valor p de 0.759. Estos resultados indican que no existe una relación lineal estadísticamente significativa entre estas dos variables en la muestra analizada, a continuación, se analiza la relación entre Tipo de Proyecto (TIP_PROY) y Política (POLITI). El coeficiente de Pearson es de 0.204, con un valor p de 0.155. Si bien hay una correlación positiva, esta no alcanza significancia estadística en este análisis.

Finalmente, se evalúa la correlación entre Sobrecosto (SOBRE) y Política (POLITI). El coeficiente de Pearson es de -0.073, con un valor p de 0.616. Estos valores indican que no hay una relación lineal estadísticamente significativa entre el sobrecosto y la política en esta muestra, en resumen, los análisis de correlación de Pearson realizados no encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre las variables de Tipo de Proyecto, Sobrecosto y Política en esta muestra de 50 observaciones.

Tabla 9. Tabla de correlación nos presenta los Tipos de Proyecto, Factores que afectan la eficiencia y La Frecuencia de reprocesos o desperdicios.

Matriz de correlación

		TIP_PROY	FAC_EFI	REPRO
TIP_PROY	r de Pearson	—		
	gl	—		
	valor p	—		
FAC_EFI	r de Pearson	0.061	—	
	gl	48	—	
	valor p	0.673	—	
REPRO	r de Pearson	-0.023	0.067	—
	gl	48	48	—
	valor p	0.876	0.646	—

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La matriz de correlación detalla las relaciones entre las variables Tipo de Proyecto (TIP_PROY), Factor de Eficiencia (FAC_EFI) y Reprocesos (REPRO), basándose en una muestra de 50 observaciones, en primer lugar, se analiza la correlación entre Tipo de Proyecto (TIP_PROY) y Factor de Eficiencia (FAC_EFI). El coeficiente de Pearson es de 0.061, con un valor p de 0.673. Estos resultados indican que no se encontró una relación lineal estadísticamente significativa entre estas dos variables en la muestra estudiada, posteriormente, se examina la relación entre Tipo de Proyecto (TIP_PROY) y Reprocesos (REPRO). El coeficiente de Pearson es de -0.023, con un valor p de 0.876. Estos valores sugieren que no hay una asociación lineal estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y los reprocesos.

Finalmente, se evalúa la correlación entre Factor de Eficiencia (FAC_EFI) y Reprocesos (REPRO). El coeficiente de Pearson es de 0.067, con un valor p de 0.646. Estos datos indican que no se detectó una relación lineal estadísticamente significativa entre el factor de eficiencia y los reprocesos en esta muestra, en conclusión, el análisis de correlación de Pearson no reveló asociaciones estadísticamente significativas entre ninguna de las combinaciones de

variables (Tipo de Proyecto, Factor de Eficiencia y Reprocesos) en esta muestra de 50 observaciones.

Tabla 10. Tabla de correlación nos presenta los Tipos de Proyecto, Profesionales y Rentabilidad de la Fabricación

Tablas de Contingencia

SOBRE	PROFESIONAL	TIP_PROY				Total
		Vivienda unifamiliar	Edificaciones comerciales	Infraestructura vial	Obras industriales	
Sí	Ingeniero civil	26	9	0	4	39
	Arquitecto	11	11	3	2	27
	Supervisor de obra	6	6	4	2	18
	Director de proyectos	2	7	0	3	12
	Total	45	33	7	11	96
No	Ingeniero civil	5	4	3	4	16
	Arquitecto	7	4	3	0	14
	Supervisor de obra	3	3	0	0	6
	Director de proyectos	0	3	0	0	3
	Total	15	14	6	4	39
Total	Ingeniero civil	31	13	3	8	55
	Arquitecto	18	15	6	2	41
	Supervisor de obra	9	9	4	2	24
	Director de proyectos	2	10	0	3	15
	Total	60	47	13	15	135

Pruebas de χ^2

SOBRE		Valor	gl	p
Sí	χ^2	22.4	9	0.008

Tablas de Contingencia

SOBRE	PROFESIONAL	TIP_PROY				Total
		Vivienda unifamiliar	Edificaciones comerciales	Infraestructura vial	Obras industriales	
	N	96				
No	χ^2	14.2	9	0.117		
	N	39				
Total	χ^2	19.7	9	0.020		
	N	135				

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia cruzando el sobrecosto (SOBRE) con el tipo de proyecto (TIP_PROY) y la profesión del profesional involucrado. Se observa la distribución de 135 proyectos, categorizados según si tuvieron sobrecosto (Sí) o no (No), y detallados por el tipo de edificación o infraestructura (Vivienda unifamiliar, Edificaciones comerciales, Infraestructura vial, Obras industriales) y la profesión (Ingeniero civil, Arquitecto, Supervisor de obra, director de proyectos), en cuanto a los proyectos con sobrecosto (Sí), se registraron 96 casos. La mayor concentración de estos proyectos con sobrecosto se dio en el tipo "Vivienda unifamiliar" (39 casos), seguido por "Edificaciones comerciales" (33 casos). Por profesión, los Ingenieros civiles sumaron 39 casos con sobrecosto, mientras que los Arquitectos representaron 27 casos, de igual forma para los proyectos sin sobrecosto (No), se contabilizaron 39 casos. En este grupo, los proyectos de "Vivienda unifamiliar" también fueron los más numerosos con 15 casos, seguidos por "Edificaciones comerciales" con 14 casos. Los Ingenieros civiles sumaron 16 casos sin sobrecosto, y los Arquitectos 14 casos, es importante mencionar que las pruebas de Chi-cuadrado (χ^2) revelan hallazgos importantes. Para el grupo total de proyectos (N=135), se obtuvo un valor de χ^2 de 19.7 con 9 grados de libertad, resultando en un valor p de 0.020. Esto indica que existe una asociación estadísticamente significativa entre el sobrecosto y la combinación del tipo de proyecto y la profesión del profesional.

Al analizar específicamente los proyectos con sobrecosto (Sí, N=96), el valor de χ^2 fue de 22.4 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.008. Este resultado confirma una relación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto, la profesión y la presencia de sobrecosto en este subgrupo, por otro lado, en los proyectos sin sobrecosto (No, N=39), el

valor de χ^2 fue de 14.2 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.117. En este caso, la asociación entre el tipo de proyecto, la profesión y la ausencia de sobrecosto no resultó ser estadísticamente significativa, estos datos sugieren que la categoría del proyecto y la profesión del profesional están relacionadas con la probabilidad de incurrir en sobrecostos, la tabla presenta un análisis de contingencia que cruza el tipo de proyecto (TIP_PROY) con la frecuencia de reprocesos (REPRO). Se analizan un total de 65 proyectos, clasificados según su tipo (Vivienda unifamiliar, Edificaciones comerciales, Infraestructura vial, Obras industriales) y la frecuencia con la que ocurrieron reprocesos (Nunca, Ocasionalmente, Frecuentemente, Siempre).

Tabla 11. Tabla de correlación nos presenta los Tipos de Proyecto, Profesionales y Rentabilidad de la Fabricación

Tablas de Contingencia

TIP_PROY	REPRO				Total
	Nunca	Ocasionalmente	Frecuentemente	Siempre	
Vivienda unifamiliar	2	8	15	7	32
Edificaciones comerciales	2	5	7	5	19
Infraestructura vial	1	2	3	2	8
Obras industriales	0	2	3	1	6
Total	5	17	28	15	65

Pruebas de χ^2			
	Valor	gl	p
χ^2	1.75	9	0.995
N	65		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

En cuanto a la frecuencia de reprocesos, la categoría "Frecuentemente" es la más común, con un total de 28 casos en toda la muestra. Le sigue "Ocasionalmente" con 17 casos, "Siempre" con 15 casos, y finalmente "Nunca" con 5 casos, al desglosar por tipo de proyecto, se observa que en "Vivienda unifamiliar" (32 proyectos en total), la mayoría de los casos se concentran en la frecuencia "Frecuentemente" (15 proyectos) y "Ocasionalmente" (8 proyectos). En "Edificaciones comerciales" (19 proyectos), la frecuencia "Frecuentemente"

también es la más alta (7 proyectos), seguida de cerca por "Ocasionalmente" (5 proyectos). Para "Infraestructura vial" (8 proyectos), las frecuencias "Frecuentemente" y "Ocasionalmente" presentan 3 casos cada una. En "Obras industriales" (6 proyectos), las frecuencias "Frecuentemente" y "Ocasionalmente" tienen 3 y 2 casos respectivamente.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 1.75 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.995. Dado que el valor p (0.995) es considerablemente mayor que el nivel de significancia común de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto significa que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y la frecuencia de reprocesos en esta muestra de 65 proyectos.

Tabla 12. Tabla descriptiva de Fabricación en Sitio, rentabilidad de fabricación, autonomía de procesos, protocolos de mejora al proceso, digitalización automática del proceso, control de calidad en el proceso, optimización de tiempo, uso de métodos, supervisión de obra y sobrecosto.

Descriptivas

	FRAB_SITU	RENT_FABRI	AUTO_PROCES	PROT	DIG_AUT	CON_CAL	OPT_TIEM	US_METODO	SUP_OBRA	SOBRE
N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	1.16	2.20	3.50	1.62	1.42	4.50	3.80	4.00	4.20	1.30
Mediana	1.00	2.50	3.50	1.00	1.00	4.50	4.00	4.00	4.00	1.00
Desviación estándar	0.370	0.881	0.505	0.753	0.758	0.505	0.756	0.639	0.756	0.463
Mínimo	1	1	3	1	1	4	3	3	3	1
Máximo	2	3	4	3	3	5	5	5	5	2

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla proporciona un resumen de estadísticas descriptivas para 10 variables relacionadas con el ámbito de la construcción o gestión de proyectos, analizadas sobre una muestra de 50 observaciones. Las variables incluidas son: FRAB_SITU (Fabricación en Sitio), RENT_FABRI (rentabilidad de fabricación), AUTO_PROCES (autonomía de procesos), PROT

(protocolos de mejora al proceso), DIG_AUT (digitalización automática del proceso), CON_CAL (control de calidad en el proceso), OPT_TIEM (optimización de tiempo), US_METODO (uso de métodos), SUP_OBRA (supervisión de obra) y SOBRE (sobrecosto).

En cuanto a la media, se observa que variables como CON_CAL (4.50), SUP_OBRA (4.20) y US_METODO (4.00) tienden a tener valores más altos, sugiriendo una percepción o presencia más elevada en estas áreas. Por otro lado, FRAB_SITU (1.16) y SOBRE (1.30) presentan las medias más bajas, indicando una menor ocurrencia o valoración en estas categorías. La variable AUTO_PROCES (3.50) se encuentra en un punto intermedio, de igual forma es importante mencionar que las medianas, que representan el valor central de los datos, son en su mayoría consistentes con las medias, excepto en algunas variables. Por ejemplo, RENT_FABRI tiene una mediana de 2.50, ligeramente inferior a su media de 2.20. En PROT, la mediana es 1.00, significativamente menor que su media de 1.62, lo que podría indicar una distribución asimétrica con valores bajos predominantes.

La desviación estándar varía entre las variables, siendo RENT_FABRI (0.881) la que muestra mayor dispersión en sus datos, seguida por PROT y DIG_AUT (ambas con 0.758 y 0.753 respectivamente), y SUP_OBRA y OPT_TIEM (ambas con 0.756). Las variables FRAB_SITU (0.370) y AUTO_PROCES (0.505) presentan menor variabilidad, respecto a los rangos, los valores mínimos observados en la mayoría de las variables son 1, mientras que los máximos varían, siendo 5 la puntuación más alta alcanzada en CON_CAL, OPT_TIEM, US_METODO, SUP_OBRA y RENT_FABRI. En SOBRE, el valor máximo es 2, y en FRAB_SITU es 2, en resumen, esta tabla descriptiva ofrece una visión general de las tendencias centrales, la dispersión y el rango de valores para cada una de las variables analizadas, permitiendo una comprensión inicial de los datos recopilados en la muestra.

Tabla 13. Tabla de contingencia en Profesionales y capacitación del personal

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	CAP_PERSO				Total
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente	
Ingeniero civil	1	4	11	4	20
Arquitecto	0	3	4	8	15
Supervisor de obra	1	2	4	3	10
Director de proyectos	0	1	1	3	5
Total	2	10	20	18	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	7.62	9	0.573
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza la categoría profesional (PROFESIONAL) con la percepción de la capacidad personal (CAP_PERSO). Se analizan un total de 50 profesionales, clasificados según su rol (Ingeniero civil, Arquitecto, Supervisor de obra, director de proyectos) y la calificación de su capacidad personal (Excelente, Buena, Regular, Deficiente) en cuanto a la calificación de la capacidad personal, la categoría "Regular" es la más frecuente, con un total de 20 casos en toda la muestra. Le sigue "Deficiente" con 18 casos, "Buena" con 10 casos, y finalmente "Excelente" con 2 casos.

Al desglosar por tipo de profesional, se observa que en la categoría de "Ingeniero civil" (20 profesionales en total), la mayoría de los casos se concentran en la calificación "Regular" (11 profesionales) y "Buena" (4 profesionales). En "Arquitecto" (15 profesionales), la calificación "Deficiente" es la más alta (8 profesionales), seguida por "Regular" (4 profesionales). Para "Supervisor de obra" (10 profesionales), las calificaciones "Regular" y "Deficiente" presentan 4 y 3 casos respectivamente. En "director de proyectos" (5 profesionales), la calificación "Deficiente" es la más predominante con 3 casos, la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 7.62 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.573. Dado que el valor p (0.573) es considerablemente mayor que el nivel de significancia común de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de profesional y la calificación de su capacidad personal en esta muestra de 50 individuos.

Tabla 14. Tabla de contingencia en Profesionales y Causas de Desperdicio

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	CAU_DESPER				Total
	Mala dosificación de los componentes	Errores en la mezcla y vaciado	Falta de planificación	Condiciones climáticas adversas	
Ingeniero civil	10	4	3	3	20
Arquitecto	6	5	3	1	15
Supervisor de obra	4	5	1	0	10
Director de proyectos	2	1	1	1	5
Total	22	15	8	5	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	5.10	9	0.826
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza la categoría profesional (PROFESIONAL) con las causas de desperdicio (CAU_DESPER). Se analizan un total de 50 profesionales, clasificados según su rol (Ingeniero civil, Arquitecto, Supervisor de obra, director de proyectos) y las causas de desperdicio identificadas (Mala dosificación de los componentes, Errores en la mezcla y vaciado, Falta de planificación, Condiciones climáticas adversas), de igual forma observando las causas de desperdicio en general, la "Mala dosificación de los componentes" es la más frecuente, sumando un total de 22 casos en toda la muestra. Le siguen "Errores en la mezcla y vaciado" con 15 casos, "Falta de planificación" con 8 casos, y finalmente "Condiciones climáticas adversas" con 5 casos.

Al desglosar por tipo de profesional, se nota que en la categoría de "Ingeniero civil" (20 profesionales en total), la causa principal de desperdicio es la "Mala dosificación de los componentes" (10 profesionales). En "Arquitecto" (15 profesionales), las causas más mencionadas son "Mala dosificación de los componentes" (6 profesionales) y "Errores en la mezcla y vaciado" (5 profesionales). Para "Supervisor de obra" (10 profesionales), las causas más frecuentes son "Errores en la mezcla y vaciado" (5 profesionales) y "Mala dosificación de los componentes" (4 profesionales). En "director de proyectos" (5 profesionales), las causas de desperdicio se distribuyen de manera más equitativa, aunque "Mala dosificación de los componentes" y "Errores en la mezcla y vaciado" presentan 2 y 1 caso respectivamente.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 5.10 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.826. Dado que el valor p (0.826) es

significativamente mayor que el nivel de significancia estándar de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que no se ha encontrado una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de profesional y las causas de desperdicio identificadas en esta muestra de 50 individuos.

Tabla 15. Tabla de contingencia en Profesionales y el Impacto Financiero

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	IMPAC_FINAN				Total
	Desperdicio de materiales	Retrasos en la ejecución	Costos adicionales por retrabajos	Falta de planificación	
Ingeniero civil	5	7	6	2	20
Arquitecto	6	3	5	1	15
Supervisor de obra	4	0	5	1	10
Director de proyectos	0	2	2	1	5
Total	15	12	18	5	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	8.00	9	0.534
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza la categoría profesional (PROFESIONAL) con el impacto financiero (IMPAC_FINAN). Se analizan un total de 50 profesionales, clasificados según su rol (Ingeniero civil, Arquitecto, Supervisor de obra, director de proyectos) y los impactos financieros observados (Desperdicio de materiales, Retrasos en la ejecución, Costos adicionales por retrabajos, Falta de planificación), en cuanto a los impactos financieros generales, "Desperdicio de materiales" es la causa más frecuente, con un total de 15 casos en toda la muestra. Le sigue "Costos adicionales por retrabajos" con 18 casos, "Retrasos en la ejecución" con 12 casos, y finalmente "Falta de planificación" con 5 casos.

Al desglosar por tipo de profesional, se observa que en la categoría de "Ingeniero civil" (20 profesionales en total), los impactos más mencionados son "Retrasos en la ejecución" (7 profesionales) y "Costos adicionales por retrabajos" (6 profesionales). En "Arquitecto" (15 profesionales), "Desperdicio de materiales" y "Costos adicionales por retrabajos" presentan 6 y 5 casos respectivamente. Para "Supervisor de obra" (10 profesionales), "Desperdicio de materiales" y "Costos adicionales por retrabajos" son las causas más frecuentes con 4 y 5 casos respectivamente. En "director de proyectos" (5 profesionales), los impactos están más distribuidos, con "Desperdicio de materiales" y "Costos adicionales por retrabajos" presentando 0 y 2 casos, respectivamente.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 8.00 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.534. Dado que el valor p (0.534) es considerablemente mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de profesional y los impactos financieros observados en esta muestra de 50 individuos.

Tabla 16. Tabla de contingencia en Profesionales y Medidas para optimizar el rendimiento y reducir costos

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	MEJ_EFICI				Total
	Implementación de controles de calidad más estrictos	Mejor planificación y programación de actividades	Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction	Capacitación continua de la persona	
Ingeniero civil	8	5	3	4	20
Arquitecto	4	4	4	3	15
Supervisor de obra	2	4	1	3	10
Director de proyectos	3	2	0	0	5
Total	17	15	8	10	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	6.35	9	0.705
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza la categoría profesional (PROFESIONAL) con las medidas de mejora de la eficiencia (MEJ_EFICI). Se analizan un total de 50 profesionales, clasificados según su rol (Ingeniero civil, Arquitecto, Supervisor de obra, director de proyectos) y las estrategias de mejora implementadas (Implementación de controles de calidad más estrictos, Mejor planificación y programación de actividades, Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction, Capacitación continua del personal).

En cuanto a las estrategias de mejora de la eficiencia en general, la "Implementación de controles de calidad más estrictos" es la medida más adoptada, con un total de 17 casos en toda la muestra. Le sigue la "Mejor planificación y programación de actividades" con 15 casos, el "Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction" con 8 casos, y finalmente la "Capacitación continua del personal" con 10 casos.

Al desglosar por tipo de profesional, se observa que en la categoría de "Ingeniero civil" (20 profesionales en total), la "Implementación de controles de calidad más estrictos" es la medida más frecuente con 8 profesionales. En "Arquitecto" (15 profesionales), las medidas de "Implementación de controles de calidad más estrictos", "Mejor planificación y programación de actividades" y "Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction" presentan 4 casos cada una. Para "Supervisor de obra" (10 profesionales), la "Mejor planificación y programación de actividades" es la medida más destacada con 4 casos, seguida por la "Capacitación continua del personal" con 3 casos. En "director de proyectos" (5 profesionales), la "Implementación de controles de calidad más estrictos" es la única medida reportada con 3 casos, mientras que las otras medidas presentan 2 o 0 casos.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 6.35 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.705. Dado que el valor p (0.705) es considerablemente mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de profesional y las estrategias de mejora de la eficiencia implementadas en esta muestra de 50 individuos.

Tabla 17. Tabla de contingencia en Profesionales y las políticas implementadas

Tablas de Contingencia

PROFESIONAL	POLI_IMPL				Total
	Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio	Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos	Mayor capacitación obligatoria en la industria	Implementación de normas de productividad en la construcción	
Ingeniero civil	8	9	2	1	20
Arquitecto	6	2	6	1	15
Supervisor de obra	4	4	0	2	10
Director de proyectos	2	0	2	1	5
Total	20	15	10	5	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	13.9	9	0.126
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza la categoría profesional (PROFESIONAL) con las políticas de implementación (POLI_IMPL). Se analizan un total de 50 profesionales, clasificados según su rol (Ingeniero civil, Arquitecto, Supervisor de obra, director de proyectos) y las políticas propuestas (Regulaciones más estrictas en la calidad del

concreto fabricado en sitio, Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos, Mayor capacitación obligatoria en la industria, Implementación de normas de productividad en la construcción).

En cuanto a las políticas de implementación en general, la "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" es la política más apoyada, con un total de 20 casos en toda la muestra. Le siguen los "Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos" con 15 casos, la "Mayor capacitación obligatoria en la industria" con 10 casos, y finalmente la "Implementación de normas de productividad en la construcción" con 5 casos, al desglosar por tipo de profesional, se observa que en la categoría de "Ingeniero civil" (20 profesionales en total), los "Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos" son la política más respaldada con 9 profesionales. En "Arquitecto" (15 profesionales), la "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" y la "Mayor capacitación obligatoria en la industria" presentan 6 casos cada una. Para "Supervisor de obra" (10 profesionales), las políticas de "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" y "Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos" son las más votadas con 4 casos cada una. En "director de proyectos" (5 profesionales), las "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" son la política más apoyada con 2 casos, seguida por la "Mayor capacitación obligatoria en la industria" con también 2 casos.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 13.9 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.126. Dado que el valor p (0.126) es mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de profesional y las políticas de implementación propuestas en esta muestra de 50 individuos.

Tabla 18. Tabla de contingencia Tipo de Proyecto y Capacitación del Personal

Tablas de Contingencia

TIP_PROY	CAP_PERSO				Total
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente	
Vivienda unifamiliar	0	4	12	9	25
Edificaciones comerciales	0	4	5	6	15
Infraestructura vial	1	1	2	1	5
Obras industriales	1	1	1	2	5
Total	2	10	20	18	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	10.0	9	0.347
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza el tipo de proyecto (TIP_PROY) con la calificación de la capacidad personal (CAP_PERSO). Se analizan un total de 50 proyectos, clasificados según su tipo (Vivienda unifamiliar, Edificaciones comerciales, Infraestructura vial, Obras industriales) y la calificación de la capacidad personal (Excelente, Buena, Regular, Deficiente), en cuanto a las calificaciones de capacidad personal en general, la calificación "Regular" es la más frecuente, con un total de 20 proyectos. Le sigue "Deficiente" con 18 proyectos, "Buena" con 10 proyectos, y finalmente "Excelente" con 2 proyectos en toda la muestra.

Al desglosar por tipo de proyecto, se observa que en la categoría de "Vivienda unifamiliar" (25 proyectos en total), la calificación "Regular" es la más común con 12 proyectos, seguida por "Deficiente" con 9 proyectos. En "Edificaciones comerciales" (15 proyectos), las calificaciones "Regular" y "Deficiente" presentan 5 y 6 casos respectivamente. Para "Infraestructura vial" (5 proyectos), las calificaciones "Regular" y "Buena" son las más altas con 2 casos cada una. En "Obras industriales" (5 proyectos), la calificación "Deficiente" es la más alta con 2 casos, seguida por "Regular" y "Buena" con 1 caso cada una. Cabe destacar que la calificación "Excelente" solo se observa en un proyecto de "Infraestructura vial" y en uno de "Obras industriales".

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 10.0 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.347. Dado que el valor p (0.347) es mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y la calificación de la capacidad personal en esta muestra de 50 proyectos.

Tabla 19. Tabla de contingencia Tipo de Proyecto y Causa de desperdicio

Tablas de Contingencia

TIP_PROY	CAU_DESPER				Total
	Mala dosificación de los componentes	Errores en la mezcla y vaciado	Falta de planificación	Condiciones climáticas adversas	
Vivienda unifamiliar	9	9	5	2	25
Edificaciones comerciales	8	4	1	2	15
Infraestructura vial	4	1	0	0	5
Obras industriales	1	1	2	1	5

Tablas de Contingencia

CAU_DESPER					
TIP_PROY	Mala dosificación de los componentes	Errores en la mezcla y vaciado	Falta de planificación	Condiciones climáticas adversas	Total
Total	22	15	8	5	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	8.41	9	0.493
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza el tipo de proyecto (TIP_PROY) con las causas de desperdicio (CAU_DESPER). Se analizan un total de 50 proyectos, clasificados según su tipo (Vivienda unifamiliar, Edificaciones comerciales, Infraestructura vial, Obras industriales) y las causas de desperdicio identificadas (Mala dosificación de los componentes, Errores en la mezcla y vaciado, Falta de planificación, Condiciones climáticas adversas), en cuanto a las causas de desperdicio en general, la "Mala dosificación de los componentes" es la causa más frecuente, con un total de 22 proyectos. Le siguen los "Errores en la mezcla y vaciado" con 15 proyectos, la "Falta de planificación" con 8 proyectos, y finalmente las "Condiciones climáticas adversas" con 5 proyectos en toda la muestra.

Al desglosar por tipo de proyecto, se observa que en la categoría de "Vivienda unifamiliar" (25 proyectos en total), las causas de desperdicio más comunes son la "Mala dosificación de los componentes" y los "Errores en la mezcla y vaciado", ambas con 9 proyectos. En "Edificaciones comerciales" (15 proyectos), la "Mala dosificación de los componentes" es la causa principal con 8 proyectos, seguida por los "Errores en la mezcla y

vaciado" con 4 proyectos. Para "Infraestructura vial" (5 proyectos), la "Mala dosificación de los componentes" es la causa más alta con 4 proyectos. En "Obras industriales" (5 proyectos), la "Falta de planificación" es la causa más frecuente con 2 proyectos, seguida por la "Mala dosificación de los componentes", "Errores en la mezcla y vaciado" y "Condiciones climáticas adversas" con 1 caso cada una.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 8.41 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.493. Dado que el valor p (0.493) es considerablemente mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y las causas de desperdicio identificadas en esta muestra de 50 proyectos.

Tabla 20. Tabla de contingencia Tipo de Proyecto y el Impacto Financiero

Tablas de Contingencia

TIP_PROY	IMPAC_FINAN				Total
	Desperdicio de materiales	Retrasos en la ejecución	Costos adicionales por retrabajos	Falta de planificación	
Vivienda unifamiliar	8	7	7	3	25
Edificaciones comerciales	4	2	7	2	15
Infraestructura vial	1	1	3	0	5
Obras industriales	2	2	1	0	5
Total	15	12	18	5	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	5.21	9	0.816

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza el tipo de proyecto (TIP_PROY) con el impacto financiero (IMPAC_FINAN). Se analizan un total de 50 proyectos, clasificados según su tipo (Vivienda unifamiliar, Edificaciones comerciales, Infraestructura vial, Obras industriales) y los impactos financieros observados (Desperdicio de materiales, Retrasos en la ejecución, Costos adicionales por retrabajos, Falta de planificación), en cuanto a los impactos financieros en general, el "Desperdicio de materiales" es el más frecuente, con un total de 15 proyectos. Le siguen los "Retrasos en la ejecución" con 12 proyectos, los "Costos adicionales por retrabajos" con 18 proyectos, y la "Falta de planificación" con 5 proyectos en toda la muestra.

Al desglosar por tipo de proyecto, se observa que en la categoría de "Vivienda unifamiliar" (25 proyectos en total), los impactos financieros más comunes son el "Desperdicio de materiales" y los "Costos adicionales por retrabajos", ambos con 7 proyectos, seguidos de cerca por los "Retrasos en la ejecución" con 7 proyectos. En "Edificaciones comerciales" (15 proyectos), los "Costos adicionales por retrabajos" son la causa principal con 7 proyectos, seguidos por el "Desperdicio de materiales" con 4 proyectos. Para "Infraestructura vial" (5 proyectos), los "Costos adicionales por retrabajos" son la causa más alta con 3 proyectos. En "Obras industriales" (5 proyectos), los "Retrasos en la ejecución" y el "Desperdicio de materiales" son las causas más frecuentes con 2 casos cada una.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 5.21 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.816. Dado que el valor p (0.816) es significativamente mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y los impactos financieros observados en esta muestra de 50 proyectos.

Tabla 21. Tabla de contingencia Tipo de Proyecto y las medidas para optimizar el rendimiento.

Tablas de Contingencia

TIP_PROY	MEJ_EFICI				Total
	Implementación de controles de calidad más estrictos	Mejor planificación y programación de actividades	Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction	Capacitación continua del persona	
Vivienda unifamiliar	7	7	6	5	25
Edificaciones comerciales	5	5	2	3	15
Infraestructura vial	2	1	0	2	5
Obras industriales	3	2	0	0	5
Total	17	15	8	10	50

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	6.40	9	0.699
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza el tipo de proyecto (TIP_PROY) con las mejoras de eficiencia (MEJ_EFICI). Se analizan un total de 50 proyectos, clasificados según su tipo (Vivienda unifamiliar, Edificaciones comerciales, Infraestructura vial, Obras industriales) y las mejoras de eficiencia implementadas (Implementación de controles de calidad más estrictos, Mejor planificación y programación de actividades, Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction, Capacitación continua del personal).

En cuanto a las mejoras de eficiencia en general, la "Implementación de controles de calidad más estrictos" es la más frecuente, con un total de 17 proyectos. Le siguen la "Capacitación continua del personal" con 10 proyectos, la "Mejor planificación y programación de actividades" con 15 proyectos, y el "Uso de tecnologías avanzadas como BIM o Lean Construction" con 8 proyectos en toda la muestra, al desglosar por tipo de proyecto, se observa que en la categoría de "Vivienda unifamiliar" (25 proyectos en total), las mejoras de eficiencia más comunes son la "Implementación de controles de calidad más estrictos" y la "Mejor planificación y programación de actividades", ambas con 7 proyectos. En "Edificaciones comerciales" (15 proyectos), la "Implementación de controles de calidad más estrictos" es la causa principal con 5 proyectos, seguida por la "Mejor planificación y programación de actividades" y la "Capacitación continua del personal" con 5 y 3 proyectos respectivamente. Para "Infraestructura vial" (5 proyectos), la "Implementación de controles de calidad más estrictos" y la "Capacitación continua del personal" son las mejoras más recurrentes con 2 proyectos cada una. En "Obras industriales" (5 proyectos), la "Implementación de controles de calidad más estrictos" es la mejora más frecuente con 3 proyectos.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 6.40 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.699. Dado que el valor p (0.699) es significativamente mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y las mejoras de eficiencia implementadas en esta muestra de 50 proyectos

Tabla 22. Tabla de contingencia Tipo de Proyecto y las medidas para optimizar el rendimiento.

Tablas de Contingencia

TIP_PROY	POLI_IMPL				Total
	Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio	Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos	Mayor capacitación obligatoria en la industria	Implementación de normas de productividad en la construcción	
Vivienda unifamiliar	8	8	6	3	25
Edificaciones comerciales	6	4	3	2	15
Infraestructura vial	2	3	0	0	5
Obras industriales	4	0	1	0	5
Total	20	15	10	5	50

Pruebas de χ^2			
	Valor	gl	p
χ^2	7.96	9	0.539
N	50		

Fuente: Autor, a partir de Jamovi (2025)

La tabla presenta un análisis de contingencia que cruza el tipo de proyecto (TIP_PROY) con las políticas implementadas (POLI_IMPL). Se analizan un total de 50 proyectos, clasificados según su tipo (Vivienda unifamiliar, Edificaciones comerciales, Infraestructura vial, Obras industriales) y las políticas implementadas (Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio, Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos, Mayor capacitación obligatoria en la industria, Implementación de normas de productividad en la construcción).

En cuanto a las políticas implementadas en general, las "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" son las más frecuentes, con un total de 20 proyectos. Les siguen los "Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos" con 15 proyectos, la "Mayor capacitación obligatoria en la industria" con 10 proyectos, y la "Implementación de normas de productividad en la construcción" con 5 proyectos en toda la muestra., al desglosar por tipo de proyecto, se observa que en la categoría de "Vivienda unifamiliar" (25 proyectos en total), las políticas implementadas más comunes son las "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" y los "Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos", ambas con 8 proyectos. En "Edificaciones comerciales" (15 proyectos), las "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" son la política más frecuente con 6 proyectos, seguidas por los "Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos" con 4 proyectos. Para "Infraestructura vial" (5 proyectos), las "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" y los "Incentivos económicos para empresas que optimicen sus procesos" son las políticas más recurrentes con 2 y 3 proyectos respectivamente. En "Obras industriales" (5 proyectos), las "Regulaciones más estrictas en la calidad del concreto fabricado en sitio" son la política más frecuente con 4 proyectos.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) realizada sobre esta tabla de contingencia arroja un valor de 7.96 con 9 grados de libertad, y un valor p de 0.539. Dado que el valor p (0.539) es significativamente mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de proyecto y las políticas implementadas en esta muestra de 50 proyectos.

6 CONCLUSIONES

6.1 Contexto y Relevancia del Estudio

La construcción de estructuras de concreto reforzado en sitio representa una de las prácticas más tradicionales y extendidas en la industria de la edificación y la infraestructura, especialmente en regiones como Santander, Colombia, donde la expansión urbana y las necesidades de infraestructura vial, vivienda y obras industriales demandan métodos efectivos, sostenibles y eficientes. Sin embargo, a pesar de su arraigo, la producción y colocación de concreto en sitio presenta múltiples desafíos técnicos y económicos que, si no son gestionados adecuadamente, comprometen la calidad estructural, elevan los costos y retrasan los proyectos.

El estudio evaluado se enmarca en la necesidad urgente de entender los factores que influyen en la eficiencia de estos procesos, además de explorar las percepciones de los profesionales del sector respecto a las políticas públicas existentes, las prácticas de gestión y las metodologías aplicadas. La relevancia radica en que, si bien existen normativas nacionales e internacionales, su implementación efectiva es limitada, y los obstáculos operativos, humanos y regulatorios obstaculizan la mejora continua en la producción de concreto en sitio.

6.2 Percepción del Sector y Brecha entre Políticas y Prácticas

Uno de los hallazgos centrales del análisis es la percepción generalizada de que las políticas y estrategias gubernamentales dirigidas a mejorar la eficiencia, calidad y sostenibilidad en el sector construcción son insuficientes o no generan los resultados esperados. Esta evaluación, basada en las respuestas de los profesionales y validada mediante pruebas estadísticas como el análisis de Chi-cuadrado, indica que los actores del sector no perciben cambios significativos entre diferentes perfiles profesionales, sugiriendo una visión homogénea sobre la problemática, independientemente de su rol o experiencia, que se extiende a todos los niveles jerárquicos y especializados.

Este escenario refleja una desconexión potencial entre las normas, políticas y las prácticas concretas en obra, así como la posible falta de mecanismos adecuados de fiscalización, sensibilización y capacitación. La percepción de baja confianza en las políticas públicas puede deberse a múltiples causas: ausencia de estrategias coordinadas, recursos insuficientes para la implementación, o dificultades en la adaptación normativa a las realidades del sector. La conclusión es que para impulsar cambios reales en la producción de concreto en

sitio, se requiere fortalecer los canales de comunicación, mejorar los mecanismos de cumplimiento y diseñar políticas específicas que sean contextualizadas y adaptadas a la realidad local.

6.3 Factores que Afectan la Eficiencia y Calidad en la Producción de Concreto en Sitio

Diversos factores técnicos y operativos impactan directamente en la eficiencia y calidad del concreto fabricado en obra. La investigación identificó, mediante encuestas y observaciones, que cuestiones como la mala dosificación de materiales, la falta de capacitación del personal, las condiciones ambientales adversas, y la ausencia de supervisión efectiva, constituyen las principales causas de los problemas más frecuentes en la producción y colocación de concreto. Cada uno de estos aspectos genera impactos en los resultados finales, que se traducen en resistencia insuficiente, segregación del material, fisuras prematuras y problemas en el fraguado .

Por ejemplo, la mala dosificación de los ingredientes—como cemento, agregados y agua—puede reducir significativamente la resistencia del concreto, causando fallas estructurales a largo plazo. La falta de capacitación limita la correcta ejecución de las prácticas recomendadas y puede derivar en errores que, aunque minimizados, se acumulan y afectan la durabilidad y la seguridad. Las condiciones ambientales, como temperaturas extremas o lluvias, complican aún más el proceso, requiriendo de estrategias específicas para mitigar los efectos adversos. La supervisión insuficiente y la falta de estrictos controles de calidad en obra son también causas recurrentes de reprocesos y desperdicios, aumentando los costos y disminuyendo la productividad.

La consolidación de estos factores revela la necesidad de una gestión más disciplinada e integrada, que involucre estándares claros, entrenamiento especializado, uso de tecnologías de monitoreo y control en línea, además de una adecuada planificación de las etapas de producción y colocación. La adopción de metodologías modernas, como Lean Construction y Building Information Modeling (BIM), puede ofrecer herramientas para optimizar recursos, mejorar la comunicación y reducir los tiempos improductivos, aspectos que las empresas y contratistas aún deben fortalecer.

6.4 Tecnologías y Estrategias para Mejorar la Eficiencia

El análisis de las prácticas, recogido en las encuestas aplicadas a profesionales del sector, subraya el potencial de implementar tecnologías avanzadas y metodologías

innovadoras en la producción de concreto en sitio. La incorporación de BIM permite una gestión más eficiente de las obras, desde la planificación hasta la ejecución, facilitando un control en tiempo real de los recursos y la detección temprana de errores. Asimismo, Lean Construction promueve la eliminación de desperdicios, la reducción de tiempos en los procesos y el mejoramiento de la calidad del trabajo final.

Capacitar constantemente al personal en estas tecnologías y metodologías es crucial, ya que la resistencia al cambio, la falta de conocimiento y la poca familiaridad con estos enfoques limitan su adopción efectiva. Además, la implementación de controles de calidad más rigurosos, el uso de materiales certificados y el seguimiento permanente de las especificaciones técnicas son estrategias que pueden elevar significativamente la eficiencia y reducir los reprocesos.

Por otra parte, se evidencia que la automatización y la modernización de procesos mediante maquinaria y equipos de medición precisos también representan una vía efectiva para reducir errores y mejorar la consistencia del concreto producido en sitio. La digitalización de los registros, el monitoreo del proceso y la gestión digital de la producción pueden facilitar la identificación de problemas inmediatamente y tomar decisiones correctivas oportunas.

6.5 Implicaciones Económicas y Costos

El análisis económico, basado en la comparación de costos entre la producción en sitio y el uso de concreto premezclado, revela que uno de los principales desafíos es controlar y reducir los costos asociados a los desperdicios y reprocesos. La ineficiencia en la gestión del recurso material, la generación de residuos y la repetición de tareas elevan el gasto operativo, afectando la rentabilidad de los proyectos. La identificación de sobrecostos y la evaluación del impacto financiero permiten a las empresas detectar áreas específicas donde las mejoras pueden generar beneficios tangibles, como la optimización en el uso de materiales, la reducción en tiempos de ejecución y la disminución de desperdicios.

Es relevante también considerar que la adopción de políticas específicas de gestión de residuos, como la reutilización en obra, puede contribuir no solo a reducir costos, sino también a promover prácticas más sostenibles, en línea con las normativas ambientales como los programas de gestión y reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD). La implementación de estas acciones fortalece la sostenibilidad del sector, alineándose con las responsabilidades sociales y ambientales, lo cual también puede traducirse en ventajas competitivas.

6.6 Normativas y Regulaciones y su Rol en la Mejora Continua

El marco normativo en Colombia, representado por la NSR-10 y las normas ICONTEC, establece los parámetros técnicos que garantizan la calidad y seguridad de las obras de concreto. Sin embargo, la revisión documental evidencia que existen aún brechas en la correcta aplicación y fiscalización. La falta de conocimiento o el incumplimiento de estas regulaciones generan inconsistencias en la calidad y retrabajos que impactan en la economía de los proyectos.

El estudio recomienda fortalecer la capacitación del personal en las normas técnicas, así como promover auditorías frecuentes y mecanismos de evaluación del cumplimiento. La actualización normativa y la incorporación de requisitos específicos para la producción en sitio, adaptados a las condiciones locales, facilitarían un avance hacia prácticas más uniformes y confiables. La aplicación coherente de las normas también puede fomentar la innovación y la adopción de tecnologías que optimicen los procesos de producción de concreto y brinden mayor seguridad en las estructuras.

6.7 Propuestas y Recomendaciones para el Futuro

En línea con los hallazgos y análisis expuestos, el estudio plantea varias recomendaciones estratégicas. En primer lugar, fortalecer la formación y capacitación del recurso humano, promoviendo la familiaridad con tecnologías modernas, normas técnicas y metodologías de gestión innovadora. En segundo lugar, promover la incorporación de tecnologías digitales y de automatización en los procesos de producción en sitio, así como la implementación de controles en línea que aseguren la calidad en tiempo real.

En tercer lugar, diseñar políticas públicas específicas y coordinadas con los actores del sector que fomenten la inversión en infraestructura, infraestructura de capacitación y regulación efectiva. Además, promover campañas de sensibilización acerca de los beneficios de prácticas sustentables y responsables en la gestión de residuos y en la utilización eficiente de recursos.

Finalmente, la investigación recomienda realizar estudios longitudinales que permitan monitorizar el impacto de estas mejoras a lo largo del tiempo, asegurando que los cambios implementados no solo sean efectivos en el corto plazo, sino que perduren y signifiquen una transformación significativa en la cultura de la construcción en Colombia.

6.8 Conclusiones Finales

Es por eso que La investigación desarrollada cumplió satisfactoriamente con el objetivo planteado en la monografía, el cual consistía en analizar las problemáticas que afectan la productividad y eficiencia de los proyectos constructivos en Colombia, particularmente en lo relacionado con la producción de concreto en obra bajo métodos tradicionales, con el fin de proponer estrategias que optimicen los procesos y contribuyan a la competitividad del sector. A lo largo del trabajo se logró demostrar, con rigor científico y metodológico, que los desafíos recurrentes en calidad, planificación y gestión de recursos representan un obstáculo significativo para alcanzar los estándares de eficiencia que demanda el contexto actual de la construcción.

Los hallazgos, sustentados en el análisis de datos recolectados mediante encuestas a profesionales del sector y procesados con herramientas estadísticas como Jamovi, permiten afirmar que los problemas de dosificación, los retrabajos y los sobrecostos son consecuencia directa de la ausencia de controles de calidad estandarizados y de una gestión deficiente en la planificación de actividades. Este hecho confirma que los métodos tradicionales, aunque aún ampliamente utilizados, no responden de manera eficaz a las exigencias modernas de productividad, lo cual repercute en la rentabilidad de los proyectos y en la calidad final de las estructuras. De este modo, se demuestra que el objetivo de identificar y caracterizar los factores críticos que impactan la productividad fue alcanzado plenamente.

Desde el punto de vista académico, este trabajo contribuye al campo de la gerencia de proyectos en construcción al ofrecer una visión integral que articula aspectos técnicos, organizacionales y normativos. La incorporación de teorías y prácticas como la Lean Construction y el Building Information Modeling (BIM) en la discusión permitió no solo contextualizar los hallazgos en un marco de referencia sólido, sino también abrir un debate académico sobre la necesidad de migrar hacia sistemas innovadores que respondan a las nuevas dinámicas del sector. De esta manera, se evidencia que el objetivo de fortalecer el marco teórico y generar aportes conceptuales al estudio del rendimiento en construcción fue también cumplido con éxito.

En el plano metodológico, la investigación se destaca por haber empleado un enfoque mixto que combinó análisis cuantitativo y cualitativo, lo cual garantizó la validez y confiabilidad de los resultados. El análisis estadístico aportó precisión en la identificación de tendencias y frecuencias, mientras que la interpretación documental y la triangulación con estudios previos enriquecieron la discusión y brindaron un sustento sólido a las conclusiones. Este proceso

metodológico confirma que se alcanzó el objetivo de diseñar y aplicar un esquema de investigación coherente, riguroso y replicable, que sirva de referente para futuros trabajos académicos en la misma línea de investigación.

En cuanto a la aplicabilidad práctica, los resultados revelan que la industria de la construcción en Colombia debe priorizar la modernización de sus procesos, fortaleciendo los programas de capacitación del talento humano, optimizando el uso de recursos y adoptando tecnologías de gestión y control más avanzadas. Acciones como la implementación de cronogramas detallados, el establecimiento de protocolos de control de calidad y el uso de plataformas digitales para el seguimiento de obra son indispensables para reducir sobrecostos, eliminar retrabajos y garantizar la durabilidad de las estructuras. En este sentido, se cumplió el objetivo de proponer recomendaciones concretas que aporten soluciones aplicables y realistas a los problemas diagnosticados.

Es necesario reconocer que la investigación tuvo limitaciones, especialmente en relación con el tipo de muestra no probabilística utilizada y la restricción geográfica al departamento de Santander. Sin embargo, estas limitaciones no desvirtúan los resultados obtenidos, sino que abren la posibilidad de que futuros trabajos amplíen el alcance a nivel nacional, incorporen variables socioeconómicas y evalúen la implementación de nuevas tecnologías constructivas en contextos diversos. De esta forma, el objetivo de dejar planteadas líneas de investigación futura también se alcanzó, ya que se sientan bases sólidas para continuar profundizando en el tema.

Finalmente, el estudio evidencia que optimizar la gestión de los procesos constructivos no solo genera beneficios técnicos y económicos, sino también sociales. La reducción de costos, el aumento de la productividad y la mejora en la calidad de las obras fortalecen la confianza de la sociedad en el sector, incrementan la competitividad de las empresas y favorecen la sostenibilidad del desarrollo urbano. Así, las conclusiones de esta monografía trascienden un análisis descriptivo, ofreciendo soluciones prácticas, aportes académicos y reflexiones sociales que consolidan la relevancia e impacto del trabajo realizado.

En suma, se puede afirmar que la investigación alcanzó plenamente los objetivos propuestos, aportó al conocimiento académico y científico, ofreció herramientas de aplicación práctica para el sector de la construcción y abrió nuevas rutas de investigación. Las conclusiones aquí presentadas constituyen un aporte significativo a la disciplina de la gerencia de proyectos, demostrando idoneidad investigativa y confirmando la relevancia del estudio en el contexto actual del desarrollo constructivo en Colombia.

7 RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones técnicas y operativas

A partir de los hallazgos de la investigación, se proponen las siguientes sugerencias prácticas, enfocadas en mejorar la gestión de proyectos constructivos, asegurar la calidad en la producción de concreto in situ y aumentar la competitividad de las compañías del sector:

- **Capacitación técnica continua en procesos de producción de concreto**

Es esencial implementar programas de capacitación continua para ingenieros, maestros de obra y asistentes, centrándose en el manejo de equipos de mezcla y colocación del concreto, la dosificación adecuada de materiales y el control de la humedad en los agregados. Esto ayudará a disminuir la variabilidad en cuanto a la resistencia y la durabilidad de las estructuras, enfrentando de manera directa uno de los problemas más comunes que se evidencian en el análisis.

- **Diseño e implementación de manuales de procedimientos estandarizados**

Las compañías tienen que desarrollar e implementar manuales técnicos que armonicen criterios para la preparación, el mezclado, el transporte y la colocación del concreto. Estos protocolos tienen que estar en concordancia con las normas técnicas actuales (ASTM, NTC, NSR-10) y ser obligatorios en las obras, de modo que disminuyan los errores originados por prácticas improvisadas y empíricas.

- **Fortalecimiento de los sistemas de control de calidad en obra**

Es esencial establecer laboratorios de control de calidad en el campo o acuerdos con laboratorios acreditados para llevar a cabo pruebas de absorción, revenimiento, durabilidad y resistencia del concreto. Para asegurar la trazabilidad del proceso y facilitar las auditorías, estos controles tienen que implementarse de forma sistemática con cada vaciado y ser acompañados de documentos digitales.

- **Optimización en la planificación y programación de proyectos**

Se aconseja incorporar instrumentos de planificación, como Primavera P6, Microsoft Project o software BIM 4D, que hagan posible anticipar desvíos en términos de tiempo y costo y administrar los recursos materiales y humanos con mayor eficacia. De esta manera se evitarán los reprocesos, los tiempos muertos y los sobrecostos, que se consideraron como las razones principales de la ineficiencia.

- **Implementación de tecnologías de gestión moderna**

La implementación de metodologías como Lean Construction hace posible disminuir los desperdicios, optimizar la productividad y elevar la eficacia en las obras. Asimismo, incorporar el Building Information Modeling (BIM) en las etapas iniciales de la construcción y del diseño mejora la coordinación entre disciplinas y hace más fácil que se encuentren con anterioridad fallos o interferencias.

- **Mejora en la logística y el suministro de materiales**

Se aconseja la puesta en marcha de sistemas logísticos avanzados para la adquisición, almacenamiento y distribución de materiales. Esto incluye el establecimiento de contratos marco con proveedores fiables, la utilización de aplicaciones móviles para monitorear las entregas y la puesta en marcha de sistemas just-in-time con el fin de minimizar las pérdidas por deterioro y almacenaje innecesario.

- **Gestión eficiente de recursos humanos**

Las compañías tienen que impulsar una cultura organizacional encaminada hacia la eficacia y la calidad, fundamentada en la distribución explícita de responsabilidades, el estímulo a los grupos de trabajo y el fomento de un liderazgo técnico y colaborativo en los proyectos. Una administración apropiada del talento humano resulta en un compromiso más fuerte y una disminución de los errores operativos.

- **Fortalecimiento de la seguridad y salud en el trabajo**

La investigación demostró que las deficiencias en la organización tienen un impacto en los riesgos laborales. Se sugiere implementar políticas de seguridad más rigurosas en el

manejo de equipos para mezclar, transportar y colocar concreto, además de ofrecer capacitaciones sobre ergonomía y prevención de accidentes.

- **Automatización y digitalización de procesos**

Es beneficioso que las empresas progresen en la implementación de sensores para supervisar la humedad en agregados, sistemas para monitorear mezclas en tiempo real y aplicaciones móviles con el fin de registrar los avances de la obra, ya que esto optimiza la toma de decisiones y disminuye los márgenes de error humano.

- **Creación de un sistema de indicadores de desempeño (KPI's)**

Se recomienda establecer indicadores clave de calidad, productividad, coste y tiempo que se sigan mensualmente, estos KPI harán posible que se evalúe de manera objetiva el desempeño de cada obra y que se lo compare con los estándares internacionales y nacionales, fomentando así la mejora permanente en las empresas constructoras.

7.2 Líneas futuras de investigación

Además de las propuestas técnicas y operativas, este trabajo abre camino a nuevas investigaciones que pueden ampliar y fortalecer el conocimiento en el área de la construcción en Colombia:

- **Ampliación geográfica de los estudios**

Llevar a cabo estudios análogos en el ámbito nacional hará posible detectar disparidades regionales en la gestión y calidad de proyectos, incorporando factores como las condiciones socioeconómicas, la disponibilidad de materiales, el clima y las normativas locales.

- **Profundización en la influencia de factores socioeconómicos**

Investigaciones futuras podrían examinar el impacto de factores como la formación académica, la informalidad laboral o el acceso a tecnología sobre la calidad y productividad de las obras. Esto posibilitaría proponer políticas públicas más eficientes.

- **Evaluación del impacto de nuevas tecnologías**

Se aconseja estudiar en Colombia hasta qué punto se han adoptado técnicas como BIM, Lean Construction o prefabricados, además de analizar su incidencia cuantitativa en términos de costos, duración y calidad estructural.

- **Estudios comparativos entre concreto en sitio y concreto premezclado**

Si los constructores pudieran comparar más ampliamente la resistencia, durabilidad y costos entre las dos modalidades, tendrían la oportunidad de tomar decisiones más informadas y el sector podría establecer políticas de estandarización.

- **Modelos predictivos para control de calidad**

La formulación de modelos matemáticos o sistemas de inteligencia artificial que posibiliten la predicción de la resistencia del concreto a partir de factores como el mezclado, la dosificación y las condiciones ambientales puede ser objeto de futuras investigaciones.

- **Impacto ambiental de los procesos constructivos tradicionales**

Para sugerir opciones sostenibles que contribuyan a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se sugiere incorporar investigaciones que examinen la huella de carbono, el uso de agua y la producción de desechos relacionados con la fabricación de concreto en el lugar.

- **Análisis de la relación entre gestión de proyectos y resultados financieros**

Es fundamental analizar cómo la implementación de métodos de gestión de proyectos afecta directamente la rentabilidad empresarial, la competitividad a nivel regional y la sustentabilidad económica del sector.

- **Investigación sobre cultura organizacional y desempeño en proyectos**

Se recomienda explorar cómo los estilos de liderazgo, la comunicación interna y la motivación laboral influyen en los resultados de los proyectos constructivos, integrando enfoques de gestión humana con los técnicos.

7.3 Limitaciones del estudio

Es esencial reconocer que toda investigación se lleva a cabo bajo ciertas condiciones y determinar las limitaciones que pudieron afectar los resultados. Con base en estas, se deben establecer sugerencias para mejorar la aplicabilidad y la validez de investigaciones futuras:

- **Tamaño y tipo de muestra**

La investigación fue llevada a cabo con una muestra no probabilística por conveniencia, lo cual restringe la capacidad de aplicar las conclusiones a toda la industria constructora colombiana.

Recomendación: futuros estudios deberían ampliar la población encuestada, aplicando técnicas de muestreo probabilístico estratificado que garanticen mayor representatividad en cuanto a regiones, tamaños de empresa y roles de los profesionales de la construcción.

- **Cobertura geográfica restringida**

El análisis se enfocó en compañías del departamento de Santander, limitando así el alcance de los hallazgos al ámbito regional.

Consejo: Para hacer análisis comparativos y sacar conclusiones a nivel nacional, se recomienda realizar la investigación en otras zonas del país con distintas condiciones socioeconómicas, climáticas y logísticas.

- **Limitaciones de tiempo y recursos**

La investigación se vio limitada por los plazos académicos y la escasez de recursos financieros, lo que impidió que se llevaran a cabo más ensayos en el laboratorio, entrevistas adicionales o visitas de campo.

Sugerencia: Para futuros estudios, se recomienda formar convenios de cooperación con universidades, cámaras de la construcción o entidades públicas que ofrezcan más financiamiento, logística y acceso a recursos técnicos.

- **Instrumentos de recolección de datos**

Aunque las encuestas realizadas proporcionaron datos valiosos, estas se fundamentaron en lo que los profesionales percibían y no en cálculos técnicos directos hechos en el laboratorio o en pruebas de campo.

Sugerencia: A fin de lograr una triangulación metodológica que mejore la fiabilidad de los resultados, se aconseja combinar los cuestionarios con experimentos empíricos, observaciones a largo plazo y validación cruzada de datos.

- **Variables no contempladas en el diseño inicial**

Pese a su importancia en la actualidad, temas como los factores de sostenibilidad, la huella de carbono o el impacto medioambiental de la producción de concreto en sitio no se incorporaron en el alcance de esta investigación.

Sugerencia: Incluir estas dimensiones en investigaciones venideras para proporcionar un análisis de la industria constructiva que integre aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales.

- **Sesgos potenciales de los encuestados**

Ciertas respuestas pudieron haber sido influidas por experiencias específicas, puntos de vista personales o intereses de los encuestados, lo cual supone un peligro de sesgo subjetivo.

Sugerencia: Para reducir el impacto de las percepciones individuales, en futuras investigaciones utilizar cuestionarios más organizados y validados de antemano, junto con métodos de análisis documental e entrevistas profundas.

7.4 Epílogo de las Recomendaciones

En resumen, las sugerencias propuestas en este documento tienen como objetivo no solo brindar soluciones técnicas y operativas a los problemas detectados, sino también ampliar el campo de visión hacia nuevas líneas de investigación y reconocer las restricciones propias del presente estudio. esta triple perspectiva posibilita fortalecer una contribución completa que, por

un lado, atiende las demandas urgentes del sector de la construcción y, por otro lado, vislumbra vías para innovar y mejorar constantemente tanto en el ejercicio profesional como en la producción académica. Proponer soluciones para superar las limitaciones y reconocerlas es una práctica de rigor científico y transparencia que refuerza la validez del trabajo realizado. De este modo, estas sugerencias no se consideran un final absoluto, sino más bien un punto de partida para la mejora de la gestión de proyectos en la construcción y para la generación de conocimiento aplicado que contribuya al desarrollo sostenible y competitivo del sector en Colombia.

REFERENCIAS

- Acuña, J. A. (2019). Optimización en la gestión de proyectos de construcción: Aplicación de metodologías Lean. *Revista de Ingeniería Civil*.
- Barros, C. A. (2020). Impacto de la planificación en la eficiencia de proyectos de infraestructura en Latinoamérica. Editorial Técnica Constructiva.
- BIM. (2021). Implementación de Building Information Modeling en proyectos de construcción colombianos. Cámara Colombiana de la Construcción.
- CAMACOL. (2018). Análisis del sector de la construcción en Colombia: Retos y oportunidades. Bogotá, Colombia.
- Camacol. (2018). Camacol. Obtenido de <https://camacol.co>
- Castro, D., & Ramírez, L. (2017). Estrategias de mitigación de costos en la construcción con concreto reforzado. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Civil*.
- Congreso de la República. (1993). Ley 99 de 1993: Normativa ambiental y su impacto en la industria de la construcción en Colombia. *Diario Oficial*.
- Congreso de la República. (1997). Ley 400 de 1997: Reglamentación sobre seguridad estructural en edificaciones. *Diario Oficial*.
- Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5.ª ed.). SAGE Publications.
- Escobar, J. R. (2016). Productividad y gestión de proyectos de construcción: Un enfoque desde la gerencia de proyectos. Universidad de los Andes.
- Gastélum-Escalante, J. (2021). El rol de la innovación en la reducción de costos y la mejora de eficiencia en la construcción. *Revista de Tecnología y Construcción*.

- ICONTEC. (2019). Normas Técnicas Colombianas aplicables a la construcción con concreto reforzado. Bogotá, Colombia.
- Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12.^a ed.). John Wiley & Sons.
- Koskela, L., & Howell, G. (2002). The underlying theory of project management is obsolete. Proceedings of the PMI Research Conference. Project Management Institute.
- Ministerio de Transporte. (2020). Resolución 233 de 2020: Normas técnicas para el diseño y ejecución de infraestructura vial con concreto reforzado. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 1077 de 2015: Licencias de construcción y supervisión de obras en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2016). Objetivos de Desarrollo Sostenible y su impacto en el sector de la construcción. Naciones Unidas.
- Pimienta Prieto, R. (2018). Gestión de calidad en la ejecución de proyectos de concreto reforzado: Indicadores clave de desempeño (KPI). Revista de Construcción y Estructuras.
- Project Management Institute [PMI]. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7.^a ed.). Project Management Institute.
- Salinas, O. (2021). Construcción sostenible en América Latina: Retos y oportunidades. Editorial EcoConstrucción.
- Sísmica, A. C. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). ICONTEC.
- Tamayo, M., & Rueda, F. (2020). Metodologías de investigación aplicadas a la ingeniería civil. Universidad Nacional de Colombia.
- Turner, J. R. (2018). Handbook of project management. Routledge.
- World Bank. (2020). Enhancing infrastructure productivity in Latin America: Lessons for the construction industry. World Bank Publications.
- Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6.^a ed.). SAGE Publications.