



Título del trabajo de grado

Gestión de proyectos en obras de reforzamiento estructural conforme a la NSR-2010: aplicación en el Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C.

Nombres y apellidos completos del autor

Fabio Andrés Gómez Rozo

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Diciembre 2025

Título del trabajo de grado

**Gestión de proyectos en obras de reforzamiento estructural conforme a la NSR-2010:
aplicación en el Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C.**

Nombres y apellidos completos del autor

Fabio Andrés Gómez Roza

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

CONTENIDO

Introducción	5
1. Planteamiento del problema	8
1.1 Descripción del problema	8
1.2 Pregunta de investigación	8
2. Objetivos	9
2.1 Objetivo General:	9
2.2 Objetivos específicos	9
3. Justificación	10
4. Marcos	11
4.1 Marco de referencia	11
4.2 Marco de antecedentes	13
4.3 Marco legal	16
4.3.1 Leyes fundamentales	16
4.3.2 Reglamentos técnicos	16
4.3.3 Normas técnicas complementarias	17
4.3.4 Normativa administrativa reciente	17
4.3.5 Responsabilidades contractuales	17
4.3.6 Impacto social y jurídico	18
5. Metodología	20
5.1 Tipo y alcance de la investigación	20
5.2 Alcance de la investigación	21
5.2.1 Cobertura técnica.....	21
5.2.2 Cobertura administrativa	24
5.2.3 Cobertura contractual	24
5.2.4 Límites del estudio	24
5.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
5.3.1 Análisis de datos.....	29
5.3.2 Análisis cualitativo.....	29
5.4 Análisis comparativo con referentes nacionales e internacionales	34
Conclusiones	37
Recomendaciones	39
Recomendaciones para futuros trabajos	40
Bibliografía	41

Tablas

Tabla 1 Referencias clave y su pertinencia	13
Tabla 2 Antecedentes clave y su aporte.....	15
Tabla 3 Normatividad aplicada al caso estudiado.....	18
Tabla 4 Lista de chequeo de cumplimiento normativo	26
Tabla 5 Cuadro de riesgos y controles	27
Tabla 6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
Tabla 7 Verificación de Planeación y Documentación Inicial	30
Tabla 8 Verificación del Diseño y Soluciones Estructurales	31
Tabla 9 Verificación de Materiales y Control de Calidad	32
Tabla 10 Verificación de Ejecución y Seguridad en Obra.....	32
Tabla 11 Verificación Administrativa y Contractual.....	33
Tabla 12 Comparación del proyecto con referentes nacionales e internacionales	35
Tabla 13 Síntesis del cumplimiento normativo.....	36

Ilustraciones

Ilustración 1 Plano topográfico obras para el reforzamiento estructural Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C.....	22
Ilustración 2 Presupuesto obras para el reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C.....	23
Ilustración 3 Licencia de aprobación del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C.	25

Introducción

La seguridad estructural de las edificaciones educativas en Colombia constituye un tema prioritario dentro de las políticas públicas y de la normativa técnica vigente. La Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) establece los lineamientos para garantizar que las estructuras soporten adecuadamente las cargas sísmicas, reduciendo riesgos para la población escolar y asegurando la continuidad de las actividades educativas (AIS, 2010). En este contexto, el reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, ubicado en Bogotá D.C., representa un caso de estudio relevante para analizar la aplicación de técnicas constructivas específicas y la gestión integral del proyecto desde la perspectiva de la gerencia de proyectos.

El proyecto contempla la instalación de encamisados en platinas de acero ASTM A-36 (steel jacketing) y arriostramientos metálicos en columnas, vigas, pórticos y placas estructurales, conforme a los planos y especificaciones aprobados por la Curaduría Urbana No. 2 de Bogotá. Estas actividades se desarrollan bajo estrictos controles de calidad, seguridad ocupacional y cumplimiento normativo, incluyendo normas técnicas ICONTEC como la NTC 1925 y la NTC 2310 (ICONTEC, 2010). La obra, además, se enmarca en un contrato que define obligaciones, derechos, responsabilidades y sanciones, lo que convierte la gestión administrativa y contractual en un componente esencial para el éxito del proyecto.

Más allá del componente técnico, la investigación se centra en la gerencia de proyectos, entendida como el conjunto de procesos de planificación, ejecución, control y cierre que permiten alcanzar los objetivos del contrato dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad (Project Management Institute, 2017). La gestión de proyectos en construcción implica además la administración de riesgos contractuales, tales como multas, cláusulas penales y mecanismos de solución de controversias, que condicionan la toma de decisiones y la eficiencia del proyecto (ISO, 2012).

La literatura especializada en gerencia de proyectos destaca que la aplicación de metodologías estructuradas, como las propuestas en la Guía del PMBOK, permite mejorar la coordinación entre actores, optimizar recursos y garantizar la trazabilidad documental

(Kerzner, 2013; Project Management Institute, 2017). En el ámbito de la construcción, estas metodologías se complementan con marcos normativos nacionales e internacionales que aseguran la calidad técnica y la seguridad estructural (Gido & Clements, 2015). En Colombia, la NSR-10 constituye el referente obligatorio para el diseño y ejecución de obras sismorresistentes, y su cumplimiento es supervisado por curadurías urbanas y entidades de control (AIS, 2010).

El caso del Colegio Nuestra Señora de Nazareth permite observar cómo la gerencia de proyectos se convierte en un puente entre la teoría y la práctica. Por un lado, se aplican técnicas de reforzamiento estructural reconocidas internacionalmente, como el encamisado en acero y el arriostramiento metálico (ASTM International, 2019a; ASTM International, 2019b). Por otro, se gestionan aspectos administrativos como actas de inicio, cronogramas, informes de avance, registros fotográficos y garantías, que aseguran la transparencia y el cumplimiento contractual. La integración de estos elementos refleja la naturaleza multidimensional de la gerencia de proyectos en construcción.

Asimismo, el proyecto evidencia la importancia de la gestión de riesgos. La existencia de cláusulas contractuales que contemplan multas diarias por incumplimiento del cronograma, así como la cláusula penal del 10% del valor del contrato en caso de incumplimiento total, obliga a los gestores del proyecto a implementar controles rigurosos de calidad, seguridad y comunicación. Estas disposiciones contractuales, lejos de ser simples formalidades, constituyen mecanismos de gobernanza que fortalecen la disciplina de la gerencia de proyectos (Kerzner, 2013).

La investigación también se justifica por su impacto social. La mejora de la seguridad estructural en colegios protege a estudiantes, docentes y personal administrativo, y asegura la continuidad de la educación en condiciones seguras. En un país como Colombia, donde la vulnerabilidad sísmica es significativa en varias regiones, el reforzamiento de edificaciones escolares se convierte en una prioridad estratégica (AIS, 2010). Además, la aplicación de buenas prácticas de gerencia de proyectos garantiza que los recursos invertidos se utilicen de manera eficiente, reduciendo sobrecostos y evitando retrasos que podrían afectar a la

comunidad educativa.

Finalmente, este estudio de caso busca demostrar cómo la integración de buenas prácticas de gerencia de proyectos, alineadas con estándares internacionales como el PMBOK y la ISO 21500, contribuye al cumplimiento técnico y normativo, a la mitigación de riesgos y a la generación de valor social mediante la protección de la comunidad educativa. La monografía se plantea como un aporte académico y práctico, que puede servir de referencia para futuros proyectos de reforzamiento estructural en instituciones educativas de Colombia y otros países con contextos similares.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

La seguridad estructural de las edificaciones escolares en Colombia es un tema de alta relevancia, dado que estas infraestructuras albergan diariamente a miles de estudiantes y personal administrativo. En ciudades como Bogotá, donde la amenaza sísmica es significativa, la necesidad de reforzar estructuras existentes se convierte en una prioridad estratégica (AIS, 2010). El Colegio Nuestra Señora de Nazareth, ubicado en la localidad de Bosa, presenta condiciones que requieren intervenciones de reforzamiento estructural mediante técnicas como el encamisado en acero (steel jacketing) y los arriostramientos metálicos (steel bracing), con el fin de garantizar el cumplimiento de la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y las especificaciones técnicas aprobadas por la curaduría urbana correspondiente.

El problema radica en que, aunque las técnicas de reforzamiento están claramente definidas en la normativa y en los contratos de obra, su ejecución depende de una adecuada gerencia de proyectos. La falta de planificación rigurosa, el incumplimiento de cronogramas, la deficiente gestión de recursos y la ausencia de controles de calidad pueden derivar en retrasos, sobrecostos y riesgos para la seguridad de la comunidad educativa (Kerzner, 2013; Project Management Institute, 2017).

1.2 Pregunta de investigación

¿Cómo la aplicación de buenas prácticas de gerencia de proyectos contribuye al cumplimiento técnico, normativo y contractual en obras de reforzamiento estructural conforme a la NSR-10, tomando como caso el Colegio Nuestra Señora de Nazareth en Bogotá D.C.?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

Analizar la gestión del proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth en Bogotá D.C., conforme a la NSR-10 y las prácticas de gerencia de proyectos.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el proceso de gestión del proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, identificando las etapas, actores involucrados y criterios técnicos establecidos por la NSR-2010.
2. Evaluar el cumplimiento de los lineamientos normativos, técnicos y constructivos de la NSR-2010 durante la ejecución del reforzamiento estructural, así como su impacto en costos, plazos y calidad de la obra.
3. Proponer lineamientos de mejora para la gestión de proyectos de reforzamiento estructural, orientados a fortalecer la planificación, el control y la toma de decisiones en intervenciones similares dentro del marco normativo colombiano.

3. Justificación

La presente investigación se justifica en la necesidad de fortalecer la seguridad estructural de las edificaciones educativas en Colombia, particularmente en zonas con alta amenaza sísmica como Bogotá. El Colegio Nuestra Señora de Nazareth, objeto de estudio, requiere intervenciones de reforzamiento que garanticen la protección de estudiantes, docentes y personal administrativo, en cumplimiento de la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010). La importancia de este proyecto radica en que la infraestructura escolar no solo debe cumplir con estándares técnicos, sino también responder a criterios de sostenibilidad social y administrativa, asegurando la continuidad de la educación en condiciones seguras.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, la investigación aporta un análisis integral que vincula la planificación, ejecución, control y cierre de la obra con las disposiciones contractuales y normativas vigentes. La gestión de proyectos en construcción no se limita a la ejecución técnica, sino que abarca la administración de recursos, la gestión de riesgos, la comunicación entre actores y la trazabilidad documental (Project Management Institute, 2017). En este sentido, el estudio permite evidenciar cómo la aplicación de buenas prácticas de gerencia, alineadas con estándares internacionales como el PMBOK y la ISO 21500, contribuye a mitigar riesgos de incumplimiento, sobrecostos y retrasos, garantizando la calidad y seguridad de la obra (ISO, 2012; Kerzner, 2013).

La justificación también se sustenta en el impacto social del proyecto. El reforzamiento estructural de instituciones educativas protege a comunidades vulnerables frente a amenazas sísmicas, reduciendo la exposición al riesgo y fortaleciendo la resiliencia urbana. Además, la transparencia en la gestión contractual y administrativa asegura el uso eficiente de los recursos, lo que genera confianza en la comunidad y en las entidades responsables de la obra (Gido & Clements, 2015). Ofreciendo un aporte académico y práctico. Desde el ámbito académico, constituye un estudio de caso que integra teoría y práctica en la gerencia de proyectos de construcción, útil para estudiantes y profesionales del área.

4. Marcos

4.1 Marco de referencia

El proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth en Bogotá D.C. se enmarca en la necesidad de aplicar metodologías de gestión de proyectos reconocidas internacionalmente, adaptadas al contexto colombiano y a las exigencias normativas de la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010). El marco de referencia de esta investigación integra tres dimensiones principales: los estándares internacionales de gestión de proyectos, la literatura especializada en gerencia de la construcción y las experiencias previas en el sector educativo colombiano.

En primer lugar, los estándares internacionales de gestión de proyectos constituyen la base metodológica para organizar y controlar el proyecto. La Guía del PMBOK del Project Management Institute (2017) es uno de los referentes más utilizados a nivel global. Este documento organiza la gestión en áreas de conocimiento como integración, alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones y stakeholders. Cada área se articula con procesos que permiten estructurar el proyecto en fases claras: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. En el caso del reforzamiento estructural del colegio, estas fases se reflejan en hitos contractuales como el acta de inicio, la ejecución de encamisados y arriostramientos metálicos, los informes de avance y el acta de recibo final.

La aplicación del PMBOK asegura que el proyecto no se limite a la ejecución técnica, sino que se gestione de manera integral, considerando riesgos contractuales, calidad de materiales, seguridad ocupacional y comunicación entre actores. Según Kerzner (2013), la gobernanza de proyectos se sostiene en la definición precisa de roles y responsabilidades, lo que reduce ambigüedades y facilita la toma de decisiones. En este caso, la claridad de funciones entre contratante, contratista, supervisión e interventoría es esencial para garantizar el cumplimiento normativo y contractual.

En segundo lugar, la literatura especializada en gerencia de la construcción aporta estrategias prácticas para la administración de obras civiles. Mata Rojas (2016) enfatiza que la gerencia

de la construcción debe integrar planificación de cronogramas, control de calidad, seguridad industrial y coordinación con la interventoría. Estas prácticas son críticas en proyectos de reforzamiento estructural, donde la instalación de perfiles metálicos y platinas requiere logística precisa, ensayos de resistencia y cumplimiento de normas técnicas como la NTC 1925 y la NTC 2310 (ICONTEC, 2010). Además, la gerencia de la construcción recomienda el uso de registros fotográficos y actas como evidencia objetiva del avance, lo que coincide con las cláusulas contractuales del proyecto.

En tercer lugar, las experiencias previas en el sector educativo colombiano muestran que el reforzamiento estructural de colegios es una necesidad recurrente. La Alcaldía Mayor de Bogotá (2008) identificó que gran parte de los colegios distritales presentaban deterioro y falta de cumplimiento sismorresistente, lo que motivó programas de intervención. Estos antecedentes refuerzan la pertinencia del caso del Colegio Nuestra Señora de Nazareth y evidencian que la gerencia de proyectos debe integrar aspectos técnicos, normativos y administrativos para garantizar resultados efectivos.

La revisión de antecedentes también muestra que la baja tasa de éxito en proyectos de construcción se debe a deficiencias en la gestión de cronograma, costos y riesgos (Gido & Clements, 2015). Por ello, el marco de referencia advierte que la calidad de la gestión es tan determinante como la calidad técnica de los materiales. En proyectos educativos, donde el impacto social es alto, la gerencia de proyectos debe asegurar eficiencia en la utilización de recursos, transparencia en la gestión contractual y protección de la comunidad escolar.

Finalmente, el marco de referencia integra la normativa colombiana como parte esencial del análisis. La NSR-10 establece requisitos técnicos para reforzamiento de estructuras, mientras que las normas ICONTEC regulan especificaciones de materiales y procedimientos de construcción. El cumplimiento de estas normas no solo es obligatorio, sino que legitima la gestión técnica y administrativa del proyecto, asegurando que el reforzamiento estructural se ejecute con transparencia, trazabilidad y responsabilidad jurídica.

Tabla 1 Referencias clave y su pertinencia

Fuente	Enfoque	Pertinencia al estudio
Project Management Institute (2017)	Estándares internacionales de gestión de proyectos (PMBOK)	Proporciona metodología para planificación, ejecución, control y cierre del proyecto.
Kerzner (2013)	Teoría general de gestión de proyectos	Clarifica roles y responsabilidades, fortaleciendo la gobernanza del proyecto.
Mata Rojas (2016)	Gerencia de la construcción	Aporta estrategias prácticas para cronogramas, control de calidad y seguridad industrial.
Gido & Clements (2015)	Revisión sector construcción	Advierte riesgos de fracaso por deficiencias en gestión de cronograma, costos y riesgos.
AIS (2010)	NSR-10	Normativa obligatoria para reforzamiento estructural en Colombia.
ICONTEC (2010)	Normas técnicas NTC 1925 y NTC 2310	Regulan especificaciones de materiales y procedimientos de construcción.
Alcaldía Mayor de Bogotá (2008)	Antecedentes en colegios distritales	Evidencia necesidad histórica de reforzamiento estructural en instituciones educativas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Project Management Institute, Kerzner, Mata Rojas, Gido & Clements, AIS, ICONTEC y Alcaldía Mayor de Bogotá.

4.2 Marco de antecedentes

El reforzamiento estructural de edificaciones educativas en Colombia tiene una trayectoria marcada por la necesidad de garantizar la seguridad de la comunidad escolar frente a la amenaza sísmica. Los antecedentes de este tipo de proyectos muestran que, desde finales del siglo XX, las instituciones educativas han sido objeto de diagnósticos y programas de intervención debido al envejecimiento de sus estructuras, la falta de cumplimiento normativo y el deterioro físico acumulado.

En Bogotá, la Alcaldía Mayor de Bogotá identificó que gran parte de los colegios distritales superaban los 30 años de antigüedad, presentando deficiencias en resistencia sísmica y condiciones urbanísticas. Este diagnóstico motivó la implementación de programas de reforzamiento estructural y mejoramiento, con el objetivo de adecuar las edificaciones a la normativa vigente y garantizar espacios seguros para estudiantes y docentes. Estos

antecedentes evidencian que el caso del Colegio Nuestra Señora de Nazareth no es aislado, sino parte de una política más amplia de seguridad escolar.

La normativa colombiana también ha evolucionado para responder a estas necesidades. La **Ley 400 de 1997** estableció los criterios mínimos de diseño y construcción sismorresistente, creando la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. Posteriormente, la **Ley 1229 de 2008** modificó y adicionó la Ley 400, consolidando la obligatoriedad del régimen en todo el territorio nacional (Congreso de la República de Colombia, 1997; 2008). En el ámbito reglamentario, la **NSR-10** constituye el marco técnico vigente, estableciendo requisitos específicos para reforzamiento de edificaciones existentes (AIS, 2010).

Más recientemente, la **Resolución 2132 de 2021** del Ministerio de Vivienda amplió los plazos para la ejecución de programas de reforzamiento y fijó condiciones administrativas para inventarios y acciones de intervención (Ministerio de Vivienda, 2021). Este antecedente normativo condiciona la planificación y ejecución de proyectos como el del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, pues vincula la gestión técnica con la gestión administrativa y contractual.

En términos técnicos, los antecedentes muestran que las técnicas de reforzamiento más utilizadas en Colombia incluyen el encamisado en acero (*steel jacketing*) y los arriostramientos metálicos (*steel bracing*). Estas técnicas han sido aplicadas en múltiples proyectos escolares y hospitalarios, debido a su efectividad para aumentar la rigidez y resistencia de columnas, vigas y pórticos. Sin embargo, también han surgido alternativas innovadoras. Un estudio académico de la **Universidad Industrial de Santander (2022)** evaluó el sistema Diagrid como opción para reforzamiento estructural, destacando su capacidad para optimizar la distribución de esfuerzos y mejorar el desempeño sísmico. Aunque este sistema no se aplicó en el Colegio Nuestra Señora de Nazareth, su análisis constituye un antecedente relevante para comprender la evolución de las técnicas de reforzamiento en el país. La literatura internacional también aporta antecedentes significativos. Según (Gido y Clements 2015), la baja tasa de éxito en proyectos de construcción se debe a deficiencias en la gestión de cronograma, costos y riesgos. Estos

hallazgos son aplicables al contexto colombiano, donde proyectos de reforzamiento escolar han enfrentado retrasos y sobrecostos por falta de planificación rigurosa. Kerzner (2013) enfatiza que la gobernanza de proyectos, basada en la claridad de roles y responsabilidades, es esencial para evitar estos problemas.

En el ámbito social, los antecedentes muestran que el reforzamiento estructural de colegios tiene un impacto directo en la protección de comunidades vulnerables. La seguridad escolar es un componente fundamental de la resiliencia urbana, especialmente en ciudades como Bogotá, donde la amenaza sísmica es significativa. La implementación de programas de reforzamiento no solo responde a exigencias normativas, sino también a la necesidad de garantizar el derecho a la educación en condiciones seguras (AIS, 2010). Los antecedentes del proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth se sustentan en tres dimensiones: la política pública de seguridad escolar, la evolución normativa y reglamentaria, y la experiencia técnica acumulada en proyectos similares. Estos antecedentes justifican la investigación y permiten comprender que la gerencia de proyectos en obras de reforzamiento escolar debe integrar aspectos técnicos, normativos, administrativos y sociales para garantizar resultados efectivos

Tabla 2 Antecedentes clave y su aporte

Antecedente	Tipo	Aporte al estudio
Alcaldía Mayor de Bogotá (2008)	Diagnóstico distrital	Evidencia envejecimiento y deterioro de colegios, motivando programas de reforzamiento.
Ley 400 de 1997 y Ley 1229 de 2008	Normativa legal	Establecen obligatoriedad del régimen sismorresistente en todo el país.
AIS (2010) – NSR-10	Reglamento técnico	Define requisitos específicos para reforzamiento de edificaciones existentes.
Ministerio de Vivienda (2021) – Resolución 2132	Normativa administrativa	Amplía plazos y fija condiciones para programas de reforzamiento.
Universidad Industrial de Santander (2022)	Estudio académico	Evalúa sistema Diagrid como alternativa innovadora de reforzamiento.
Gido & Clements (2015)	Literatura internacional	Advierte riesgos de fracaso por deficiencias en gestión de cronograma, costos y riesgos.
Kerzner (2013)	Teoría de gestión de proyectos	Destaca importancia de la gobernanza y claridad de roles en proyectos de construcción.

Fuente: Elaboración propia a partir de Alcaldía mayor de Bogotá y otros autores

4.3 Marco legal

El marco legal que regula la construcción y el reforzamiento estructural en Colombia se fundamenta en un conjunto de leyes, decretos y reglamentos que buscan garantizar la seguridad de las edificaciones frente a la amenaza sísmica. Este marco es de obligatorio cumplimiento para proyectos como el reforzamiento del Colegio Nuestra Señora de Nazareth en Bogotá D.C., y constituye la base jurídica y técnica que legitima las decisiones de diseño, ejecución y supervisión.

4.3.1 Leyes fundamentales

La Ley 400 de 1997 estableció los criterios mínimos de diseño y construcción sismorresistente en Colombia. Esta norma creó la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, encargada de revisar y actualizar los reglamentos técnicos. La ley definió la obligatoriedad de aplicar normas sismorresistentes en todo el territorio nacional y fijó responsabilidades para diseñadores, constructores y supervisores (Congreso de la República de Colombia, 1997).

Posteriormente, la Ley 1229 de 2008 modificó y adicionó la Ley 400, ampliando las competencias de la Comisión Asesora y reforzando la obligatoriedad del cumplimiento normativo. Esta ley consolidó el régimen sismorresistente como un requisito indispensable para cualquier proyecto de construcción o reforzamiento (Congreso de la República de Colombia, 2008).

4.3.2 Reglamentos técnicos

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, expedido en 2010, constituye el marco técnico vigente. Este reglamento establece requisitos generales y específicos para diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones, incluyendo criterios para reforzamiento de estructuras existentes (AIS, 2010). El Título A de la NSR-10 define los requisitos generales, mientras que los demás títulos desarrollan criterios específicos por materiales y sistemas estructurales.

El Decreto 926 de 2010, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, reglamentó los requisitos técnicos y científicos para construcciones sismorresistentes, en concordancia con la NSR-10 (Ministerio de Ambiente, 2010). Este decreto establece la obligatoriedad de aplicar el reglamento en todo el territorio nacional y fija procedimientos para licencias urbanísticas y permisos de construcción.

4.3.3 Normas técnicas complementarias

Además de la NSR-10, existen normas técnicas específicas expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Entre ellas destacan la NTC 1925 y la NTC 2310, que regulan especificaciones de materiales y procedimientos de construcción (ICONTEC, 2010). Estas normas son aplicables en proyectos de reforzamiento estructural, pues garantizan la calidad de los materiales utilizados en encamisados metálicos y arriostramientos.

4.3.4 Normativa administrativa reciente

La Resolución 2132 de 2021 del Ministerio de Vivienda amplió los plazos para la ejecución de programas de reforzamiento estructural y fijó condiciones administrativas para inventarios y acciones de intervención (Ministerio de Vivienda, 2021). Este antecedente normativo condiciona la planificación y ejecución de proyectos como el del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, vinculando la gestión técnica con la gestión administrativa y contractual.

4.3.5 Responsabilidades contractuales

El marco legal también se refleja en las cláusulas contractuales de proyectos de construcción. Estas cláusulas establecen obligaciones para el contratista, como cumplir con la normativa sismorresistente, realizar ensayos de calidad, garantizar seguridad industrial y entregar registros fotográficos y actas de obra. Asimismo, fijan sanciones en caso de incumplimiento, como multas diarias de hasta el 0,1% del valor del contrato y cláusula penal del 10%. Estas disposiciones contractuales se sustentan en el marco legal colombiano y refuerzan la gobernanza jurídica del proyecto.

4.3.6 Impacto social y jurídico

El marco legal no solo busca garantizar la seguridad técnica de las edificaciones, sino también proteger a la comunidad escolar y asegurar el derecho a la educación en condiciones seguras. La obligatoriedad del cumplimiento normativo legitima las decisiones de reforzamiento y asegura que los recursos invertidos se utilicen de manera eficiente y transparente.

En conclusión, el marco legal colombiano para construcciones sismorresistentes integra leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas que regulan el diseño, construcción y reforzamiento de edificaciones. Este marco es de obligatorio cumplimiento y constituye la base jurídica y técnica para proyectos como el reforzamiento del Colegio Nuestra Señora de Nazareth.

Tabla 3 Normatividad aplicada al caso estudiado

Norma / Documento	Año	Ámbito	Contenido principal	Relación con el caso
Ley 400 de 1997	1997	Legal	Establece el régimen de construcciones sismorresistentes en Colombia. Crea la Comisión Asesora Permanente.	Base legal que obliga a aplicar normas sismorresistentes en todo proyecto educativo.
Ley 1229 de 2008	2008	Legal	Modifica y adiciona la Ley 400. Refuerza la obligatoriedad y amplía competencias de la Comisión Asesora.	Consolida la obligatoriedad del régimen sismorresistente en reforzamientos escolares.
NSR-10 (AIS, 2010)	2010	Técnico	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Define requisitos generales y específicos para diseño, construcción y reforzamiento.	Normativa técnica obligatoria para reforzamiento de columnas, vigas, pórticos y placas del colegio.

Norma / Documento	Año	Ámbito	Contenido principal	Relación con el caso
Decreto 926 de 2010	2010	Reglamentario	Reglamenta requisitos técnicos y científicos para construcciones sismorresistentes.	Vincula la NSR-10 con licencias urbanísticas y permisos de construcción.
Resolución 2132 de 2021 (Min. Vivienda)	2021	Administrativo	Amplía plazos para programas de reforzamiento. Establece condiciones para inventarios y acciones de intervención.	Condiciona la planificación y cronograma del proyecto escolar.
NTC 1925 (ICONTEC)	2010	Técnico	Norma técnica para perfiles metálicos y platinas de acero.	Regula especificaciones de materiales usados en encamisado metálico.
NTC 2310 (ICONTEC)	2010	Técnico	Norma técnica para tornillería y elementos de unión de alta resistencia.	Garantiza calidad en conexiones de arriostramientos metálicos.
Ley 99 de 1993	1993	Ambiental	Crea el Ministerio de Ambiente y establece principios de gestión ambiental.	Obliga a cumplir requisitos ambientales en obras de reforzamiento.
Decreto Ley 2811 de 1974	1974	Ambiental	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables.	Regula uso de recursos naturales y protección ambiental en obras civiles.
Decreto 1728 de 2002	2002	Ambiental	Reglamenta licencias ambientales para proyectos de construcción.	Aplica en caso de requerir permisos ambientales para reforzamiento.
Ley 100 de 1993	1993	Laboral	Sistema de seguridad social integral.	Obliga al contratista a afiliarse y pagar aportes de empleados en obra.
Código Civil Colombiano	1887	Legal	Regula contratos, obligaciones y responsabilidad civil.	Sustenta cláusulas contractuales de multas, penalidades y solución de controversias.

Norma / Documento	Año	Ámbito	Contenido principal	Relación con el caso
Código de Comercio Colombiano	1971	Legal	Regula contratos mercantiles y relaciones comerciales.	Aplica en la interpretación y ejecución de contratos de obra.
Norma NTC 4595 (ICONTEC)	2009	Técnico	Normativa sobre seguridad industrial y salud ocupacional en construcción.	Obliga al contratista a implementar medidas de seguridad en obra.
Reglamentos distritales (IDIGER)	2015	Local	Compila normas de gestión de riesgos y cambio climático en Bogotá.	Refuerza la obligación de cumplir con planes de manejo de riesgo en colegios.

Fuente: Elaboración propia a partir de normas y documentos aplicados al estudio de caso

5. Metodología

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo, con apoyo de información cuantitativa, orientado a comprender, describir y analizar la gestión de un proyecto de reforzamiento estructural desarrollado bajo los lineamientos de la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-2010. El enfoque cualitativo permite interpretar los procesos técnicos, administrativos y normativos que intervienen en la ejecución del proyecto, considerando su contexto real y las decisiones tomadas durante su desarrollo.

De manera complementaria, se incorporan elementos cuantitativos tales como cronogramas, porcentajes de avance, costos, mediciones técnicas y cumplimiento normativo, los cuales permiten sustentar el análisis con datos objetivos y verificables. Este enfoque mixto fortalece la rigurosidad del estudio y permite una comprensión integral del fenómeno analizado.

5.1 Tipo y alcance de la investigación

La investigación se clasifica como **descriptiva–analítica**, con un **diseño de estudio de caso único**, aplicado al proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, ubicado en la ciudad de Bogotá D.C.

El alcance descriptivo permite caracterizar detalladamente los aspectos técnicos, administrativos y contractuales del proyecto, mientras que el enfoque analítico posibilita evaluar la coherencia entre la planeación, la ejecución y el cumplimiento de la normativa vigente, particularmente la NSR-2010.

Asimismo, el estudio tiene un alcance **no experimental**, dado que no se manipulan variables, sino que se analizan hechos ya ocurridos mediante la revisión documental y técnica del proyecto ejecutado.

La estrategia metodológica se basa en la **triangulación** entre tres fuentes principales:

1. **Estándares de gerencia de proyectos** (PMBOK, ISO 21500).
2. **Normativa sismorresistente colombiana** (NSR-10, Ley 400 de 1997, Ley 1229 de 2008, Decreto 926 de 2010).
3. **Documentación contractual y técnica del caso** (contrato, anexos, actas, cronograma, registros fotográficos, ensayos de calidad).

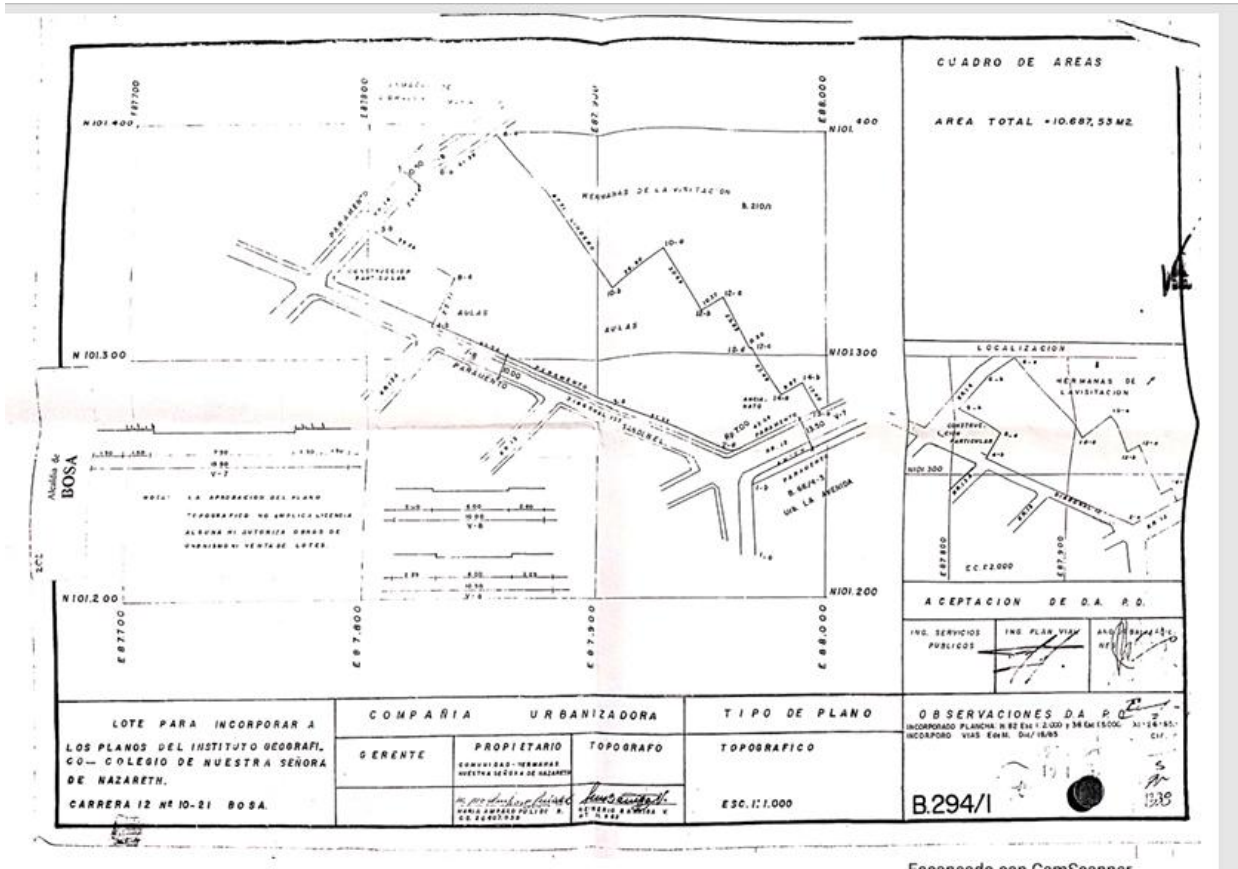
Esta triangulación asegura consistencia y validez, al contrastar teoría, normativa y práctica en un mismo marco de análisis.

5.2 Alcance de la investigación

5.2.1 Cobertura técnica

La cobertura técnica incluye el análisis de los planos estructurales y arquitectónicos, que permiten identificar las intervenciones realizadas en columnas, vigas, pórticos y placas. Se revisan las memorias de cálculo para verificar la coherencia con la normativa NSR-10 y las especificaciones técnicas ICONTEC. Se evalúan los ensayos de calidad de materiales acero, soldaduras, tornillería y se contrastan con las normas ASTM y NTC. Además, se incorpora el plano topográfico, que contextualiza la ubicación y condiciones del terreno, y el presupuesto, que refleja la distribución de recursos y costos asociados a cada actividad técnica.

Ilustración 1 Plano topográfico obras para el reforzamiento estructural Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C.




El plano topográfico corresponde al levantamiento realizado en el área del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, en Bogotá D.C., como insumo técnico para el proyecto de reforzamiento estructural. En él se representan las curvas de nivel, cotas altimétricas y referencias geográficas que permiten identificar la pendiente natural del terreno y las condiciones de implantación de la edificación escolar.

Este documento técnico es fundamental porque:

- Define la ubicación exacta de la construcción dentro del lote.
- Permite verificar la compatibilidad entre las obras de reforzamiento y las condiciones topográficas.

- Sirve como base para la memoria de cálculo estructural y el diseño de encamisados y arriostramientos metálicos, asegurando que las cargas y esfuerzos se distribuyan correctamente.
- Facilita la planificación logística de obra, al mostrar accesos, áreas de trabajo y posibles restricciones físicas del terreno.

Ilustración 2 Presupuesto obras para el reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C.

 ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES NIT 79.752.828-5 TEL.: 7293091 CEL.: 3112635459		
FORMATO DE OFERTA ECONOMICA - RESUMEN		
OBJETO: OBRAS PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL COLEGIO NAZARETH		
DIRECCION: CLLE 65D SUR No 80C - 94 Bogota D.C.		
FECHA: JULIO DE 2021		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VR. TOTAL
BLOQUE A		
1	PRELIMINARES	\$ 54,066,128
2	CIMENTACION	\$ 91,266,399
3	ESTRUCTURA METALICA	\$ 272,745,093
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS A LA ESTRUCTURA	\$ 32,177,541
5	ASEO	\$ 4,240,000
6	OBRA BLANCA ACABADOS	\$ 42,419,259
TOTAL COSTOS DIRECTOS BLOQUE A		\$ 496,914,420
	ADMINISTRACION 20%	\$ 99,382,884
	IMPREVISTOS 2%	\$ 9,938,288
	UTILIDAD 3%	\$ 14,907,433
	IVA (UTILIDAD) 19%	\$ 2,832,412
TOTAL COSTOS INDIRECTOS BLOQUE A		\$ 127,061,017
VALOR TOTAL OBRA BLOQUE A		\$ 623,975,437
BLOQUE B		
1	PRELIMINARES	\$ 58,401,133
2	CIMENTACION	\$ 101,042,600
3	ESTRUCTURA METALICA	\$ 370,636,851
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS A LA ESTRUCTURA	\$ 41,206,854
5	ASEO	\$ 4,240,000
6	OBRA BLANCA ACABADOS	\$ 58,694,430
TOTAL COSTOS DIRECTOS BLOQUE B		\$ 634,221,868
	ADMINISTRACION 20%	\$ 126,844,374
	IMPREVISTOS 2%	\$ 12,684,437
	UTILIDAD 3%	\$ 19,026,656
	IVA (UTILIDAD) 19%	\$ 3,615,065
TOTAL COSTOS INDIRECTOS BLOQUE B		\$ 162,170,532
VALOR TOTAL OBRA BLOQUE B		\$ 796,392,400
BLOQUES C Y D		
1	PRELIMINARES	\$ 104,595,182
2	CIMENTACION	\$ 67,807,650
3	ESTRUCTURA METALICA	\$ 903,025,897
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS A LA ESTRUCTURA	\$ 42,080,609
5	ASEO	\$ 4,240,000
6	OBRA BLANCA ACABADOS	\$ 101,554,339
TOTAL COSTOS DIRECTOS BLOQUES C Y D		\$ 1,223,303,677
	ADMINISTRACION 20%	\$ 244,660,735
	IMPREVISTOS 2%	\$ 24,466,074
	UTILIDAD 3%	\$ 36,699,110
	IVA (UTILIDAD) 19%	\$ 6,972,831
TOTAL COSTOS INDIRECTOS BLOQUES C Y D		\$ 312,798,750
VALOR TOTAL OBRA BLOQUES C Y D		\$ 1,536,102,427
VALOR TOTAL OBRA BLOQUES A + B + C + D		\$ 2,956,470,263

5.2.2 Cobertura administrativa

La cobertura administrativa comprende la revisión de actas de inicio, obra y recibo, que documentan los hitos contractuales y de ejecución. Se analiza el cronograma de obra, verificando tiempos de ejecución y cumplimiento de plazos. Se incluyen los registros fotográficos como evidencia objetiva del avance, y los informes de ejecución que detallan actividades semanales y mensuales. También se evalúa la gestión de personal y seguridad ocupacional, considerando la aplicación de normas de trabajo en alturas, uso de equipos de protección personal y cumplimiento de la póliza del colegio como garantía de seguridad y cobertura de riesgos.

5.2.3 Cobertura contractual

La cobertura contractual examina el contrato del colegio y sus anexos, identificando obligaciones y derechos de las partes, cláusulas sancionatorias (multas y cláusula penal), garantías constituidas y mecanismos de solución de controversias. Se revisa la póliza del colegio, que asegura el cumplimiento de las obligaciones contractuales y protege a la institución frente a incumplimientos. Se analiza la licencia de construcción, que legitima la intervención y garantiza la aprobación por parte de la curaduría urbana.

5.2.4 Límites del estudio

El análisis se circunscribe al caso del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, sin intervención experimental ni modificación del proyecto. No se incluyen auditorías financieras externas ni visitas in situ más allá de la documentación disponible. El estudio se limita a la información oficial y técnica proporcionada, garantizando rigor académico y respeto por la confidencialidad contractual.

Tabla 4 Lista de chequeo de cumplimiento normativo

Actividad técnica	Norma aplicable	Requisito	Evidencia	Cumplimiento (Sí/No)
Encamisado en acero	NSR-10, Título C	Sección sobre reforzamiento de columnas	Planos estructurales y memoria de cálculo	Sí
Arriostramientos metálicos	NSR-10, Título D	Requisitos de rigidez y resistencia	Ensayos de calidad y registros fotográficos	Sí
Tornillería de alta resistencia	NTC 2310	Especificaciones de tornillos y pernos	Certificados de proveedor	Sí
Platinas y perfiles metálicos	NTC 1925	Normas de acero estructural	Informe de laboratorio	Sí
Seguridad en obra	NTC 4595	Normas de seguridad industrial	Actas de seguridad y póliza	Sí
Licencia de construcción	Decreto 926/2010	Permiso de curaduría	Licencia aprobada	Sí

Fuente: Elaboración propia contrasta actividades técnicas con NSR-10 e ICONTEC

La tabla presenta un instrumento metodológico que permite verificar la correspondencia entre las actividades técnicas ejecutadas en el proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth y los requisitos establecidos en la normativa colombiana vigente. Cada fila contrasta una actividad específica como el encamisado en acero, los arriostramientos metálicos o la instalación de tornillería de alta resistencia con la norma aplicable (NSR-10, NTC 1925, NTC 2310, NTC 4595 y Decreto 926/2010), el requisito técnico que debe cumplirse, la evidencia documental o técnica que lo respalda, y el estado de cumplimiento.

Este instrumento asegura la trazabilidad normativa del proyecto, garantizando que las técnicas de reforzamiento estructural se ejecuten conforme a los estándares de seguridad y calidad exigidos. Además, permite identificar de manera clara la documentación soporte

(planos, memorias de cálculo, informes de laboratorio, certificados de proveedor, actas de seguridad y licencia de construcción), fortaleciendo la transparencia y la confiabilidad del proceso constructivo.

La tabla constituye una herramienta de control que valida el cumplimiento de la normativa técnica y legal, asegurando que el proyecto se ejecute dentro de los parámetros de seguridad estructural, calidad de materiales y legalidad administrativa.

Tabla 5 Cuadro de riesgos y controles

Tipo de riesgo	Descripción	Probabilidad	Impacto	Medidas preventivas	Medidas correctivas	Responsable
Contractual	Incumplimiento de plazos	Alta	Alto	Cronograma detallado y actas de control	Aplicación de multas y cláusula penal	Supervisor
Técnico	Falla en soldaduras	Media	Alto	Ensayos de calidad y capacitación	Reposición de elementos defectuosos	Ingeniero residente
Operativo	Accidentes laborales	Media	Alto	Implementación de EPP y señalización	Atención médica y reporte	Coordinador HSE
Financiero	Sobrecostos en materiales	Baja	Medio	Presupuesto detallado y control de compras	Ajuste de pagos y reservas	Administrador
Normativo	Incumplimiento NSR-10	Baja	Alto	Lista de chequeo normativa	Corrección inmediata	Interventoría

Fuente: Elaboración propia identificación de riesgos y normatividad Colegio Nuestra Señora de Nazareth, Bogotá D.C

La tabla sintetiza los principales riesgos contractuales, técnicos, operativos, financieros y normativos identificados en el proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth. Cada riesgo se describe con su nivel de probabilidad e impacto,

acompañado de medidas preventivas y correctivas, así como la asignación de responsables. Este instrumento metodológico permite anticipar escenarios adversos y establecer mecanismos de mitigación, garantizando que el proyecto se ejecute dentro de parámetros de seguridad, calidad y cumplimiento contractual. Además, facilita la trazabilidad de las decisiones de gestión, al vincular cada riesgo con acciones específicas de control y con los actores responsables de su implementación.

Población

La población objeto de estudio está constituida por todos los proyectos de reforzamiento estructural ejecutados en edificaciones educativas en Colombia que se rigen por la NSR-2010.

Muestra

La muestra corresponde a un muestreo no probabilístico de tipo intencional, representado por el proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, seleccionado por su disponibilidad de información técnica completa, su cumplimiento normativo documentado y su representatividad como proyecto típico de intervención estructural en edificaciones educativas.

5.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de información se realizó mediante técnicas documentales y de análisis técnico, apoyadas en instrumentos estructurados que garantizan la trazabilidad de la información.

Tabla 6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Fuente de información	Propósito
Revisión documental	Lista de chequeo normativa	NSR-10, Ley 400/1997, Decreto 926/2010	Verificar cumplimiento normativo
Análisis técnico	Fichas técnicas y memorias de cálculo	Planos estructurales, memorias, ensayos	Evaluar soluciones de reforzamiento
Revisión administrativa	Matriz contractual	Contrato, actas, pólizas, cronograma	Analizar gestión administrativa
Observación documental	Registro fotográfico	Informes y archivos del proyecto	Evidenciar ejecución física
Análisis comparativo	Matriz de riesgos	Informes técnicos y de supervisión	Identificar y evaluar riesgos

5.3.1 Análisis de datos

El análisis de datos del presente estudio se desarrolló a partir de un enfoque metodológico mixto, que integró herramientas cualitativas y cuantitativas con el propósito de evaluar de manera integral la gestión del proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth. Este enfoque permitió analizar tanto los aspectos técnicos y normativos del proyecto como los procesos administrativos y de gestión, garantizando una comprensión amplia del fenómeno estudiado (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

El análisis se estructuró en cuatro ejes principales: análisis cualitativo, análisis comparativo, análisis descriptivo y triangulación de la información, los cuales permitieron evaluar el grado de cumplimiento de la normativa vigente y la eficacia de las prácticas de gestión implementadas.

5.3.2 Análisis cualitativo

El análisis cualitativo se basó en la revisión detallada de documentos técnicos y administrativos, tales como planos estructurales, memorias de cálculo, actas de obra, informes de interventoría y registros fotográficos. Esta revisión permitió interpretar la coherencia entre el diseño estructural, la ejecución en obra y los requerimientos establecidos en la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-2010 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2010).

Desde el punto de vista técnico, se identificó que las soluciones adoptadas como los encamisados estructurales, refuerzos metálicos y sistemas de arriostramiento responden adecuadamente a los criterios de resistencia, ductilidad y capacidad de disipación de energía exigidos por la normativa vigente. Estos resultados son consistentes con lo planteado por la literatura especializada, la cual señala que los sistemas de reforzamiento bien diseñados permiten mejorar significativamente el desempeño sísmico de edificaciones existentes (Vargas & Cárdenas, 2020).

En el ámbito administrativo, el análisis evidenció una estructura de gestión definida, con roles y responsabilidades claras entre contratista, interventoría y entidad contratante. No obstante, se identificaron oportunidades de mejora en la estandarización de formatos de

seguimiento y en la sistematización de la información, aspectos que coinciden con las debilidades comúnmente identificadas en proyectos de infraestructura pública en Colombia (Sánchez & Ramírez, 2018).

Tabla 7 Verificación de Planeación y Documentación Inicial

Ítem	Documento Verificado	Normativa Aplicable	Criterio de Evaluación	Evidencia Revisada	Cumple (Sí/No)	Observaciones
1	Estudio de vulnerabilidad estructural	NSR-10, Título A	Identificación del sistema estructural y nivel de riesgo	Informe técnico estructural	Sí	Documento completo y validado
2	Memorias de cálculo	NSR-10	Coherencia entre cargas, análisis y diseño	Memorias firmadas por responsable técnico	Sí	Cumple parámetros normativos
3	Licencia de construcción	Decreto 926 de 2010	Aprobación oficial del proyecto	Licencia urbanística vigente	Sí	Vigente durante la obra

Esta tabla presenta la verificación de los documentos fundamentales que soportan la fase de planeación del proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth. Incluye la revisión del estudio de vulnerabilidad estructural, las memorias de cálculo y la licencia de construcción, los cuales constituyen la base técnica y legal para el desarrollo del proyecto. El análisis de esta tabla evidencia que la fase de planeación fue desarrollada de manera adecuada y conforme a la normativa vigente. La existencia de estudios técnicos debidamente elaborados y aprobados demuestra que el proyecto contó con una base sólida para la toma de decisiones. La disponibilidad de memorias de cálculo coherentes con la NSR-10 y la obtención de la licencia de construcción garantizan que el proceso se inició bajo criterios de legalidad, seguridad estructural y viabilidad técnica. Este nivel de planificación reduce significativamente los riesgos durante la ejecución de la obra y constituye un factor determinante para el éxito del proyecto.

Tabla 8 Verificación del Diseño y Soluciones Estructurales

Ítem	Elemento evaluado	Norma aplicable	Criterio técnico	Evidencia	Cumple (Sí/No)	Observaciones
1	Planos estructurales	NSR-10	Correspondencia con memorias de cálculo	Planos aprobados	Sí	Diseño consistente
2	Detalles de refuerzo	NSR-10 / NTC 1925	Correcta disposición de acero	Planos y detalles	Sí	Sin inconsistencias
3	Sistema de arriostramiento	NSR-10	Adecuada rigidez y continuidad estructural	Planos y especificaciones	Sí	Cumple función estructural

Evalúa los elementos propios del diseño estructural, incluyendo planos, detalles constructivos y sistemas de refuerzo implementados. Su objetivo es verificar que las soluciones adoptadas cumplan con los requisitos establecidos por la normativa sismorresistente colombiana y respondan adecuadamente a las condiciones estructurales existentes del inmueble.

El análisis evidencia que los elementos de diseño fueron correctamente definidos y ejecutados conforme a la NSR-10. Los planos estructurales presentan coherencia con las memorias de cálculo y reflejan una adecuada interpretación de las exigencias normativas. La correcta definición de los elementos de refuerzo y su adecuada disposición en obra permiten garantizar un comportamiento estructural adecuado frente a cargas sísmicas. Este nivel de cumplimiento demuestra una adecuada articulación entre el diseño estructural y la ejecución constructiva, reduciendo riesgos asociados a fallas por deficiencias de diseño.

Tabla 9 Verificación de Materiales y Control de Calidad

Ítem	Material / Proceso	Norma Aplicable	Criterio de Evaluación	Evidencia	Cumple (Sí/No)	Observaciones
1	Acero estructural	NTC 1925	Resistencia y certificación	Certificados de calidad	Sí	Conforme
2	Soldaduras	AWS D1.1	Ensayos y procedimientos	Informes de laboratorio	Sí	Cumple requisitos
3	Tornillería estructural	NTC 2310	Clase y resistencia	Certificados de proveedor	Sí	Conforme

Esta tabla recoge la información relacionada con la calidad de los materiales empleados en la obra, así como los procedimientos de control aplicados para garantizar su conformidad con las normas técnicas vigentes. Se incluyen aspectos como certificaciones, ensayos de laboratorio y controles durante la ejecución.

El análisis de esta tabla permite concluir que los materiales utilizados en el proyecto cumplen con los estándares de calidad exigidos por las normas técnicas colombianas. La presencia de certificados de conformidad y resultados de ensayos de laboratorio demuestra una adecuada gestión del control de calidad. Asimismo, la verificación sistemática de los materiales reduce el riesgo de fallas estructurales y contribuye a la durabilidad y seguridad de la edificación. Este enfoque evidencia una práctica alineada con las mejores prácticas de ingeniería civil y control de calidad.

Tabla 10 Verificación de Ejecución y Seguridad en Obra

Ítem	Aspecto Evaluado	Normativa	Criterio	Evidencia	Cumple (Sí/No)	Observaciones
1	Ejecución de obra	NSR-10	Procedimientos constructivos	Registros fotográficos	Sí	Correcta ejecución
2	Seguridad y salud en el trabajo	Resolución 0312 de 2019	Uso de EPP y señalización	Actas y registros	Sí	Cumple
3	Control de acceso y riesgos	Decreto 1072 de 2015	Gestión del riesgo	Informes SST	Sí	Adecuado

Analiza los aspectos relacionados con la ejecución de la obra y la implementación de medidas de seguridad y salud en el trabajo. Incluye la revisión de procedimientos constructivos, el uso de equipos de protección personal y el cumplimiento de la normativa vigente en materia de seguridad laboral.

El análisis demuestra que la ejecución del proyecto se realizó bajo condiciones controladas, con una adecuada aplicación de los procedimientos constructivos y un cumplimiento satisfactorio de las normas de seguridad y salud en el trabajo. La evidencia documental confirma la implementación de medidas preventivas orientadas a la protección del personal y la mitigación de riesgos laborales. Este enfoque contribuye a la continuidad del proyecto, reduce la probabilidad de incidentes y refleja una gestión responsable del componente humano de la obra.

Tabla 11 Verificación Administrativa y Contractual

Ítem	Documento	Normativa	Criterio de Verificación	Evidencia	Cumple (Sí/No)	Observaciones
1	Contrato de obra	Ley 80 de 1993	Obligaciones contractuales	Contrato firmado	Sí	Conforme
2	Actas de inicio y seguimiento	Ley 80 / Ley 1150	Control contractual	Actas firmadas	Sí	Seguimiento adecuado
3	Acta de recibo final	Manual de interventoría	Cierre técnico y administrativo	Acta final	Sí	Aprobada

Evalúa el cumplimiento de los requisitos administrativos y contractuales asociados al proyecto, incluyendo la formalización del contrato, la elaboración de actas y el cierre administrativo de la obra. Su propósito es verificar que el proyecto se haya desarrollado conforme al marco legal y contractual establecido.

El análisis de esta tabla evidencia que el proyecto contó con una adecuada gestión administrativa, reflejada en la existencia de contratos formalizados, actas debidamente suscritas y un proceso ordenado de cierre contractual. Este cumplimiento contribuye a la transparencia del proyecto y facilita la trazabilidad de las decisiones tomadas durante su ejecución. Asimismo, demuestra un adecuado manejo de los compromisos legales y

contractuales, fortaleciendo la gobernanza del proyecto y reduciendo riesgos legales futuros.

Las matrices de verificación documental permitieron evaluar de forma sistemática el grado de cumplimiento del proyecto frente a los requisitos técnicos, normativos y administrativos exigidos para obras de reforzamiento estructural en Colombia. El análisis evidencia que la totalidad de los documentos críticos se encuentran disponibles, actualizados y debidamente soportados, lo que demuestra una adecuada gestión documental durante todo el ciclo del proyecto.

Se destaca que los aspectos relacionados con el diseño estructural y la ejecución técnica presentan un alto nivel de conformidad con la NSR-2010, especialmente en lo referente a la caracterización del sistema estructural, la selección de materiales y los procedimientos constructivos aplicados. Asimismo, la presencia de certificaciones, informes de laboratorio y registros fotográficos fortalece la trazabilidad del proceso y respalda la calidad técnica de la intervención.

Desde el punto de vista administrativo, la matriz evidencia el cumplimiento de los requisitos contractuales y normativos, incluyendo la correcta formalización del contrato, el seguimiento mediante actas y la aplicación de controles administrativos durante la ejecución. No obstante, se identifica como oportunidad de mejora la estandarización de formatos de control y el uso de herramientas digitales para la gestión documental.

En conclusión, la lista de chequeo aplicada confirma que el proyecto cumple con los lineamientos técnicos y normativos exigidos, constituyéndose en una herramienta clave para la evaluación del desempeño del proyecto y un insumo fundamental para futuras intervenciones de reforzamiento estructural en edificaciones educativas.

5.4 Análisis comparativo con referentes nacionales e internacionales

El análisis comparativo permitió contrastar el caso de estudio con experiencias similares desarrolladas a nivel nacional e internacional. En el contexto colombiano, proyectos de reforzamiento estructural en edificaciones educativas y públicas han evidenciado dificultades recurrentes asociadas a la planificación, la gestión del riesgo y el control de calidad (Sánchez & Ramírez, 2018). En comparación, el proyecto analizado presenta un nivel de cumplimiento normativo superior al promedio, especialmente en lo relacionado con la aplicación de la

NSR-2010 y la trazabilidad documental.

A nivel internacional, los estándares establecidos por organismos como el American Concrete Institute (ACI) y la American Society of Civil Engineers (ASCE) promueven enfoques integrales de gestión del riesgo y control del desempeño estructural, enfatizando el uso de metodologías avanzadas de evaluación y monitoreo (ACI, 2019; ASCE, 2017). En este sentido, el proyecto del Colegio Nuestra Señora de Nazareth muestra avances relevantes, aunque aún presenta oportunidades de mejora en la incorporación de herramientas digitales de seguimiento y en la implementación de indicadores de desempeño estructural, prácticas ampliamente adoptadas en países como Estados Unidos y Japón.

Tabla 12 Comparación del proyecto con referentes nacionales e internacionales

Criterio de análisis	Proyecto Colegio N. S. de Nazareth	Proyectos en Colombia	Referentes internacionales
Marco normativo	NSR-2010	NSR-10 / Reglamentos locales	ASCE 41, ACI 318, Eurocódigo 8
Nivel de planificación	Medio – Alto	Variable según entidad	Alto
Control de calidad	Ensayos y supervisión técnica	Dependiente del contratista	Protocolos estandarizados
Gestión del riesgo	Parcialmente documentada	En desarrollo	Integrada al ciclo del proyecto
Uso de herramientas de seguimiento	Tradicional (actas y reportes)	Limitado	Plataformas digitales BIM
Enfoque de sostenibilidad	Implícito	Variable	Altamente integrado

Del análisis comparativo se desprende que, si bien el proyecto cumple con los requisitos técnicos exigidos en el contexto colombiano, aún existen oportunidades de mejora en la adopción de prácticas internacionales, particularmente en el uso de herramientas digitales para el seguimiento del proyecto y en la incorporación sistemática de indicadores de desempeño.

5.5 Análisis descriptivo de resultados

El análisis descriptivo permitió organizar la información obtenida mediante tablas y matrices de cumplimiento, facilitando la visualización del grado de conformidad del proyecto con los requisitos técnicos y normativos. Los resultados evidencian un alto nivel de cumplimiento en los aspectos estructurales y de seguridad, mientras que los componentes administrativos presentan un desempeño adecuado, aunque susceptible de fortalecimiento.

Tabla 13 Síntesis del cumplimiento normativo

Área evaluada	Nivel de cumplimiento	Observaciones principales
Diseño estructural	Alto	Cumple con criterios NSR-2010 y memorias de cálculo verificadas
Ejecución de obra	Alto	Correcta aplicación de procedimientos constructivos
Gestión administrativa	Medio-Alto	Requiere mayor sistematización documental
Seguridad y salud en el trabajo	Alto	Cumplimiento de normativa y protocolos
Control de calidad	Medio-Alto	Necesidad de estandarizar registros

Estos resultados evidencian que el proyecto se desarrolló bajo parámetros técnicos aceptables, aunque con oportunidades claras de mejora en la gestión documental y en la estandarización de procesos, aspectos clave para proyectos de mayor escala.

Conclusiones

El desarrollo del presente estudio permitió analizar de forma integral la gestión del proyecto de reforzamiento estructural del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, considerando los componentes técnicos, normativos y administrativos exigidos por la normativa colombiana vigente, especialmente la NSR-2010. A través de la aplicación de herramientas metodológicas como la matriz documental (MD), la matriz de verificación normativa (MVN), la matriz de control técnico (MCT) y la matriz de riesgos y controles (MRC), fue posible estructurar un análisis sistemático que evidenció la trazabilidad del proyecto desde su planeación hasta su ejecución. Este enfoque permitió evaluar no solo el cumplimiento formal de los requisitos, sino también la efectividad de las prácticas de gerencia de proyectos implementadas.

En relación con el objetivo general, el cual buscó analizar la gestión del proyecto de reforzamiento estructural conforme a la NSR-2010, se logró evidenciar que la aplicación de buenas prácticas de gerencia de proyectos fue determinante para asegurar el cumplimiento técnico, normativo y contractual. La matriz documental (MD) permitió identificar, clasificar y validar la existencia y coherencia de los documentos técnicos y administrativos exigidos, tales como estudios estructurales, memorias de cálculo, planos aprobados y actas contractuales. De manera complementaria, la matriz de verificación normativa (MVN) facilitó el contraste entre los requisitos establecidos por la NSR-2010 y su aplicación real en el proyecto, evidenciando altos niveles de conformidad y permitiendo detectar desviaciones menores oportunamente corregidas.

Respecto al primer objetivo específico, orientado a identificar y caracterizar los elementos técnicos, normativos y administrativos del proyecto, este se cumplió mediante la aplicación sistemática de la matriz documental y la matriz de control técnico (MCT). A través de estas herramientas se logró clasificar la información por componentes estructurales, etapas constructivas y responsabilidades técnicas, lo cual permitió verificar la coherencia entre diseño, ejecución y supervisión. La codificación utilizada en dichas matrices facilitó la trazabilidad de cada elemento evaluado, asegurando que las decisiones técnicas estuvieran debidamente soportadas en documentación verificable y alineada con la normativa vigente. En cuanto al segundo objetivo específico, orientado a evaluar el cumplimiento de los

requisitos técnicos y normativos del proyecto, la matriz de verificación normativa (MVN) y la matriz de riesgos y controles (MRC) desempeñaron un papel fundamental. A través de estas herramientas se identificaron los principales riesgos asociados al proceso constructivo tales como incumplimientos técnicos, desviaciones de diseño o riesgos operativos y se analizaron las medidas preventivas y correctivas implementadas. La codificación de riesgos permitió establecer relaciones claras entre cada hallazgo, su nivel de impacto y las acciones de mitigación aplicadas, demostrando que el proyecto mantuvo un control adecuado frente a los requerimientos de la NSR-2010 y demás disposiciones aplicables.

Finalmente, el tercer objetivo específico, orientado a analizar la contribución de las buenas prácticas de gerencia de proyectos al cumplimiento integral del proyecto, se cumplió mediante la integración de los resultados obtenidos en las distintas matrices. El análisis cruzado entre la matriz documental, la matriz de control técnico y la matriz de riesgos permitió evidenciar que la planificación, el seguimiento continuo, la gestión documental y la toma de decisiones basada en información verificable fueron factores determinantes para el éxito del proyecto. Estas prácticas facilitaron la coordinación entre los actores involucrados, la prevención de desviaciones significativas y el aseguramiento de la calidad técnica y normativa del reforzamiento estructural.

En respuesta a la pregunta de investigación, se concluye que la aplicación de buenas prácticas de gerencia de proyectos contribuye de manera directa y significativa al cumplimiento técnico, normativo y contractual en obras de reforzamiento estructural conforme a la NSR-2010. El caso del Colegio Nuestra Señora de Nazareth evidencia que la utilización de herramientas metodológicas estructuradas, apoyadas en matrices de control y análisis, fortalece la gestión del proyecto, mejora la toma de decisiones y garantiza resultados alineados con los estándares de seguridad, calidad y transparencia exigidos para infraestructuras educativas en el contexto colombiano.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la gestión de proyectos de reforzamiento estructural en edificaciones educativas, particularmente en el contexto normativo colombiano. En primer lugar, se recomienda que las entidades responsables de este tipo de intervenciones adopten de manera sistemática metodologías formales de gerencia de proyectos, integrando herramientas como la estructura de desglose de trabajo (EDT), matrices de riesgos, cronogramas detallados y controles de avance físico financiero. Estas herramientas demostraron ser determinantes para garantizar el cumplimiento de los objetivos técnicos, contractuales y normativos del proyecto analizado.

Asimismo, se sugiere fortalecer la fase de planeación mediante una revisión exhaustiva de los estudios previos, memorias de cálculo y diseños estructurales, asegurando su alineación con la NSR-10 y demás normas técnicas aplicables. La correcta articulación entre diseñadores, interventores y ejecutores permite reducir reprocesos, minimizar riesgos técnicos y optimizar el uso de los recursos disponibles. En este sentido, la implementación de matrices documentales y listas de chequeo normativas, como las desarrolladas en esta investigación, resulta clave para garantizar la trazabilidad, el control de calidad y la transparencia del proceso constructivo.

Adicionalmente, se recomienda fortalecer los procesos de capacitación del personal técnico y administrativo involucrado en obras de reforzamiento estructural, especialmente en aspectos relacionados con gestión de riesgos, control de calidad, seguridad y salud en el trabajo, y cumplimiento normativo. La experiencia analizada evidencia que una adecuada formación del talento humano incide directamente en la reducción de fallas técnicas, en la mejora del desempeño operativo y en el cumplimiento oportuno de los compromisos contractuales.

Recomendaciones para futuros trabajos

Para futuras investigaciones, se sugiere ampliar el alcance del análisis mediante la comparación de múltiples proyectos de reforzamiento estructural ejecutados en diferentes contextos geográficos y tipologías edificatorias, lo cual permitiría identificar patrones comunes, buenas prácticas replicables y factores críticos de éxito. Este enfoque comparativo contribuiría a generar modelos de gestión más robustos y transferibles a otras intervenciones de infraestructura educativa o pública.

Asimismo, se recomienda profundizar en el uso de herramientas digitales como el Building Information Modeling (BIM), plataformas de gestión documental y sistemas de seguimiento en tiempo real, con el fin de evaluar su impacto en la eficiencia, trazabilidad y control de calidad de los proyectos. La integración de estas tecnologías puede mejorar significativamente la coordinación interdisciplinaria y la toma de decisiones basada en información confiable.

Finalmente, se propone que futuras investigaciones incorporen indicadores de desempeño relacionados con sostenibilidad, resiliencia estructural y ciclo de vida de las edificaciones, permitiendo evaluar no solo el cumplimiento normativo inmediato, sino también el desempeño a largo plazo de las intervenciones. Este enfoque contribuirá al desarrollo de políticas y prácticas más sostenibles en el ámbito de la infraestructura educativa, alineadas con las necesidades actuales y futuras del país.

Bibliografía

Libros

1. Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (11th ed.). Wiley.
2. Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). PMI.
3. Mata Rojas, L. (2017). *Gerencia de la construcción: Estrategias en la administración de obras* (6ª ed.). DataLaing.
4. Petroski, H. (1992). *La ingeniería es humana: La importancia del fracaso en el éxito del diseño*. Vintage Books.
5. Gido, J., & Clements, J. (2015). *Successful Project Management* (6th ed.). Cengage Learning.
6. ISO. (2012). *ISO 21500:2012 – Guidance on project management*. International Organization for Standardization.
7. Turner, J. R. (2014). *Handbook of Project-Based Management* (4th ed.). McGraw-Hill.
8. Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2017). *Project Management: A Managerial Approach* (9th ed.). Wiley.
9. Cleland, D. I., & Ireland, L. R. (2007). *Project Management: Strategic Design and Implementation* (5th ed.). McGraw-Hill.
10. Lock, D. (2017). *Project Management* (10th ed.). Routledge.
11. Kerzner, H. (2019). *Using the Project Management Maturity Model*. Wiley.
12. PMI. (2019). *The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects*. Project Management Institute.
13. Ashworth, A., Hogg, K., & Higgs, C. (2013). *Willis's Practice and Procedure for the Quantity Surveyor*. Wiley-Blackwell.
14. Fewings, P. (2013). *Construction Project Management: An Integrated Approach*. Routledge.
15. Walker, A. (2015). *Project Management in Construction* (6th ed.). Wiley-Blackwell.

Artículos científicos

16. Ariza Gómez, R. A., Matallana Curi, A. A., Mora Ordoñez, C. C., Rebata Hilario, M. A., & Rupay Hospinal, R. I. (2021). Análisis y comparación de técnicas de reforzamiento estructural en centros educativos mediante el método Choosing By Advantage. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
17. Yépez, J., Dikdan, M. Y., Andrade, L., & Rojas, R. (2016). Propuesta de reforzamiento para edificación educativa tipo antiguo II-MOP Venezuela. *Gaceta Técnica*, 16(1), 99–115.
18. Marca Vislao, J. L., & Rojas Cama, E. G. (2021). Análisis comparativo de dos tipos de refuerzos estructurales para la Institución Educativa N°4460. *Universidad Ricardo Palma*.
19. Rincón Rueda, R., & Reyes Pulido, M. M. (2023). Gestión de proyectos en el sector productivo de la construcción: revisión narrativa. *Revista Aplicatéc*, 13(1).
20. Medina Camacho, J. (2023). Aplicación de BIM 4D en planificación de obra. *Journal BIM & Construction Management*.
21. Paucar-Espinoza, A. F., Erazo-Rondinel, A., Romaní-Chavez, J. A., Galvan-Lescano, M. Y., & Talavera-Centeno, J. F. (2025). Exploring the implementation of Choosing By Advantages for scaffolding selection in a construction project. *Revista Ingeniería de Construcción*, 40(2).
22. Rameshkumar, V., Prabhat, R. K., & Devi, S. V. (2025). Strengthening of bacterial concrete with metakaolin as a partial replacement for cement. *Revista Ingeniería de Construcción*, 40(2).
23. Flyvbjerg, B. (2014). What you should know about megaprojects and why. *Project Management Journal*, 45(2), 6–19.
24. Love, P. E. D., Edwards, D. J., & Irani, Z. (2012). Moving beyond optimism bias and strategic misrepresentation. *International Journal of Project Management*, 30(6), 721–732.
25. Alarcón, L. F., & Ashley, D. B. (1996). Modeling project performance for decision making. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(3), 265–273.

Revistas académicas

26. *Revista Aplicatéc* (2023). Gestión de proyectos en el sector productivo de la construcción. FITEC.
27. *Journal of Construction Engineering and Management* (2022). Project control and performance indicators. ASCE.
28. *International Journal of Project Management* (2019). Critical success factors in construction projects. Elsevier.
29. *Construction Management and Economics* (2020). Risk management practices in construction projects. Taylor & Francis.
30. *Engineering, Construction and Architectural Management* (2021). Governance and performance in construction projects. Emerald.

Páginas web oficiales y normativas

31. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10*. <https://www.scg.org.co>
32. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). *Decreto 926 de 2010*. <https://www.minvivienda.gov.co>
33. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). *Resolución 2132 de 2021*. <https://www.suin-juriscol.gov.co>
34. ICONTEC. (2010). *Norma Técnica Colombiana NTC 1925 y NTC 2310*. <https://tienda.icontec.org>
35. Congreso de la República de Colombia. (1997). *Ley 400 de 1997*. <https://www.funcionpublica.gov.co>
36. Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública*.
37. Contraloría General de la República. (2022). *Guía de control fiscal para proyectos de infraestructura*.
38. Banco Mundial. (2018). *Infrastructure Project Management Guidelines*.
39. Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2015). *Safety and Health in Construction*.
40. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021).

Otras fuentes técnicas y normativas complementarias

41. American Concrete Institute (ACI). (2019). *ACI 318 – Building Code Requirements for Structural Concrete.*
42. American Institute of Steel Construction (AISC). (2017). *Steel Construction Manual.*
43. FEMA. (2015). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (FEMA 356).*
44. ISO. (2018). *ISO 9001: Quality Management Systems.*
45. ISO. (2018). *ISO 45001: Occupational Health and Safety Management Systems.*
46. McGraw-Hill Construction. (2020). *Construction Project Management Handbook.*
47. World Bank Group. (2019). *Infrastructure Governance Framework.*
48. OECD. (2020). *Public Infrastructure Governance.*
49. Cámara Colombiana de la Construcción – CAMACOL. (2022). *Manual de buenas prácticas en proyectos de construcción.*
50. Instituto Nacional de Vías – INVÍAS. (2018). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.*