

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
BOGOTÁ VIRTUAL

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA
SOLUCIÓN DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA COLUMNAS QUE
ARROJEN RESISTENCIA BAJA EN EDIFICACIONES

Modalidad: Monografía

Autor(s)

JUAN DE JESUS DURAN GONZALEZ
TEIGHLOR TATIANA LUNA BONILLA

Director

LUIS ALBERTO CARDENAS OTAYA
Profesional En Mercadeo Y Publicidad
Magister En Paz Desarrollo Y Ciudadanía
Magister En Dirección Y Administración De Empresas
Magister En Desarrollo De Negocios

BOGOTA, COLOMBIA

JUNIO, 2024

Resumen

En los diferentes proyectos de construcción de edificaciones, en los procesos constructivos estamos expuestos a problemas de calidad que debemos controlar minuciosamente para evitar problemas futuros en la estructura de una edificación, en los procesos constructivos de los elementos estructurales de la edificación se llegan a presentar resistencias bajas en sus concretos, las causas que ocasionan las resistencias bajas de un concreto en su proceso constructivo de una edificación pueden ser, un mal procedimiento en la toma de la muestra de concreto en obra para los ensayos de laboratorio, equipos sin el debido certificado de calibración, error en la dosificación del concreto en planta. Las resistencias bajas en los concretos pueden producir consecuencias como el colapso del elemento estructural debido a que no tiene la resistencia para soportar las cargas para la cual fue diseñado, afectación de los demás elementos estructurales, los cuales deben cumplir con la normatividad y calidad requerida.

Reforzar una edificación para que cumpla con la normatividad sismo resistente es de suma relevancia dado que significa la seguridad de las personas en caso de terremoto y la protección de su patrimonio, a través de la recolección de datos en la población de muestra se evidencio que la gran mayoría de profesionales afines a la ingeniería, se han visto enfrentados a proyectos que implican reforzamiento estructural, lo que nos llevó a determinar la importancia de establecer y buscar soluciones de reforzamiento de estructuras de concreto, teniendo en cuenta diferentes aspectos a respetar o cumplir con el reforzamiento, como lo es, conservar las distancias rutas de evacuación de las edificaciones, mantener la estética de la edificación, buscar alternativas no tan invasivas en su proceso constructivo, esto con el fin que no afecten la estabilidad de las estructuras existentes, revisar tiempos de ejecución y costos óptimos para el constructor.

Contenido

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN.....	3
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
Antecedentes	5
Capítulo 2. Evaluación	9
Tipos de Reforzamiento Estructural	11
Marco normativo.....	14
Enfoque y alcance de la investigación	16
Población y muestra	16
Instrumentos	17
Capítulo 3. Resultados.....	19
Reforzamiento de columnas con chapas metálicas:.....	24
Proceso de Reforzamiento:	24
Ventajas :	26
Ensayos:.....	28
Capítulo 4. Conclusiones.....	32
Referencias	35
Apéndice A.....	36
Apéndice B	37
Apéndice C.....	38
Apéndice D.....	39

Índice de tablas

Tabla No. 1. Comparativo respuestas pregunta No. 1	21
Tabla No. 2. Comparativo respuestas pregunta No. 2	22
Tabla No. 3. Comparativo respuestas pregunta 3.....	23
Tabla No. 4. Índices de cumplimiento NSR-10.....	27
Tabla No. 5. Comparativo respuestas pregunta No. 4.....	30
Tabla No. 6. Comparativo respuestas pregunta No. 5.....	31

Lista de figuras

Figura No. 1. Ubicación.....	9
Figura No. 2. Amenazas por eventos físicos	11
Figura No. 3. Esquema de vulnerabilidad estructural.....	14
Figura No. 4. Resultado pregunta No. 1.....	20
Figura No. 5. Resultado pregunta No. 2.....	22
Figura No. 6. Resultados pregunta 3.....	23
Figura No. 7. Detalle reforzamiento columnas con chapas metálicas	24
Figura No. 8. Resultado pregunta No. 4.....	30
Figura No. 9. Resultados pregunta No. 5	31

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Las diferentes construcciones en la actualidad se realizan con el material de concreto, ya que, por sus características mecánicas, es un material primario en el sector de la construcción y ofrece una excelente alternativa por su resistencia a la compresión, lo que permite que las luces de diseño sean muchos más grandes, además la materia prima con la que se fabrica permite que sea un material de costos cómodos para los diferentes proyectos de construcción que se desarrollan a nivel nacional. Según la SCI-Sociedad colombiana de ingenieros en su página en internet (SCI, 2019), informa de más de 20 edificios evacuados, en los que se han visto involucradas 2.000 viviendas y 10.000 personas afectadas, por el desalojo de sus viviendas en edificios a los cuales se detectó fallas estructurales, ya sea para actividades de demolición o de reforzamiento, pero indica que pueden llegar a ser cientos de edificios con patologías estructurales.

El propósito de esta investigación es analizar una solución de reforzamiento para la intervención de columnas de una edificación que presenten resistencia baja en su concreto, sin afectar los demás elementos estructurales en los pisos superiores, ya que es muy común o la gran mayoría de veces que se requiere intervenir para reforzar una edificación esta cuenta con más niveles superiores y es de ahí donde nos surge nuestra pregunta o problema. ¿Cómo intervenir las columnas de una edificación en primer nivel que presenten resistencia baja en su concreto, sin afectar los demás elementos estructurales en los niveles superiores?

El reglamento sismo resistente NSR -2010, titulo A, establece los parámetros a tener en cuenta para el diseño de un reforzamiento estructural, esta será la norma que aplicaremos para la solución de reforzamiento ya que nos aplica para nuestro país Colombia. La problemática nos lleva como profesionales a buscar una alternativa o solución de reforzamiento más viable tanto en términos de seguridad, cumplimiento normativo, método constructivo, tiempos de ejecución y costos, que nos permita ofrecer a nuestros clientes una solución viable. La población muestra tomada fue en la ciudad de Bogotá – Colombia, enfocada en profesiones afines al tema en estudio, arquitectos, ingenieros, especialistas estructurales, constructores, la recolección de los datos nos permitió establecer que existen tres tipos de reforzamiento que podemos llevar a cabo en nuestras intervenciones de edificaciones, a) Reforzamiento con fibra de carbono. b)

Reforzamiento con chapas metálicas. c) Escarificación y ampliación de las dimensiones del elemento.

El estudio de los resultados nos permite determinar que el sistema de reforzamiento con chapas metálicas es el más utilizado o viable de acuerdo con los factores que se deben tener en cuenta, este sistema es óptimo ya que permite mantener las dimensiones de los elementos a reforzar, sin afectar dimensiones de espacios, rutas de evacuación, tramites de licencia de construcción, su procedimiento constructivo es ágil, ya que la intervención del elemento, consiste en escarificar el recubrimiento en este caso de las columnas y forrarlas con las chapas o laminas metálicas, aplicando soldadura en sus uniones, finalmente se aplica un mortero de alta resistencia y se da un acabado similar al concreto.

¿Cómo intervenir las columnas de una edificación en primer nivel que presenten resistencia baja en su concreto, sin afectar los demás elementos estructurales en los niveles superiores?

Objetivos

Objetivo general

Analizar una solución de reforzamiento para la intervención de columnas de una edificación que presenten resistencia baja en su concreto, sin afectar los demás elementos estructurales en los pisos superiores

Objetivos específicos

1. Analizar la solución más viable de reforzamiento para las columnas que presenten resistencia baja en su concreto en la construcción de una edificación
2. Definir el procedimiento seguro para la intervención de columnas que presenten resistencia baja en su concreto para una edificación
3. Indagar en el sector si conocen los diferentes tipos de reforzamiento estructural para edificaciones

Antecedentes

Continuamente en los proyectos de construcción de edificaciones estamos expuestos a muchos riesgos en la calidad de los materiales y procedimientos técnicos que se emplean en obra en la ejecución de cada actividad. La siguiente solución de reforzamiento se plantea teniendo en cuenta que en muchos de los proyectos de edificaciones se presentan problemas en las resistencias obtenidas en los concretos con los que se construyen los elementos de la estructura del edificio, situaciones que se presentan por motivos que pueden ser ajenos al constructor, como por ejemplo un mal procedimiento en la toma de la muestra de concreto en obra para los ensayos de laboratorio.

Otra consecuencia para que obtengamos resistencias bajas en los concretos puede ser que los equipos usados en laboratorio no estén o no cuenten con el debido certificado de calibración, por ende, debemos cerciorarnos y contratar para nuestros proyectos laboratorios que estén acreditados y cuenten con los equipos certificados para este tipo de ensayos, tener un buen

control de los protocolos implementados en el transporte de la muestra al laboratorio y en su almacenamiento en laboratorio.

Indagando con constructoras conocidas y amigos del sector de la construcción, el caso más común para que se presente un concreto con resistencia baja en los elementos estructurales de un edificio, que para nuestro caso en específico es columnas, se debe a errores en la dosificación del concreto en la planta de la empresa que nos suministra o a la que le estamos adquiriendo el concreto para nuestra obra, de esta premisa parte también saber seleccionar al proveedor con la experiencia y trayectoria en la materia.

Desde el marco de la ingeniería estructural nos centramos en el diseño sísmico y la resistencia de cargas, para lo cual aplicamos lo referente al reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10, podemos evaluar la resistencia a cargas estáticas y dinámicas, también podemos evaluar la resistencia de carga actual de la estructura y determinar el refuerzo que se necesita, para llegar a las resistencias de diseño establecidos por la consultoría.

Las características de los materiales, conocer sus propiedades técnicas y mecánicas nos ayuda a plantear una mejor solución para un reforzamiento estructural de una estructura en concreto

Los métodos de reforzamiento más conocidos en la actualidad son el encamisado con lámina metálica, es uno de los más usados y permitidos por el reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR – 10, permite garantizar la resistencia de los elementos estructurales y no se ven afectados los espacios arquitectónicos

En Colombia la construcción de infraestructura está reglamentada por la ley 400 de 1997 “Por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismos resistentes”, Decreto 33 de 1998, por el cual se reguló el tema de sismo resistencia de las edificaciones colombianas. Con actualizaciones Ley 1229 de 2008: “Por la cual se modifica y adiciona la Ley 400 del 19 de agosto de 1997”, Decreto 926 de 2010: "Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10” Reglamento colombiano de construcciones sismo resistente NSR 10 (Ministerio de Ambiente, 2010)

(Reglamento Colombiano Sismorresistente NSR-10, 2010) “El Capítulo A.10 de NSR-10, “Evaluación e Intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la Presente

Versión del Reglamento” indica los requerimientos para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras existentes en Colombia. De acuerdo a la Sección A.10.1.3, el Capítulo A.10 es el que debe utilizarse la vulnerabilidad de estructuras existentes (A.10.3.3) y para la rehabilitación sísmica de estructuras existentes (A.10.3.5), así como para la reparación de estructuras que hayan sufrido daños por eventos sísmicos (A.10.3.6). Este manual aporta un método específicamente dirigido a casos de vivienda para los que es aplicable (véase la Sección 3, Aplicabilidad de este manual), en conformidad con el Reglamento NSR-10 en sus secciones A.10.2 que se refiere a los estudios e investigaciones para edificaciones existentes, A.10.4 que se refiere a los criterios de evaluación de la estructura existente, y A.10.9 que se refiere a la rehabilitación sísmica.”

De acuerdo con la SCI-Sociedad colombiana de ingenieros en su página en internet (SCI, 2019), informa de más de 20 edificios evacuados, en los que se han visto involucradas 2.000 viviendas y 10.000 personas afectadas, por el desalojo de sus viviendas en edificios a los cuales se detectó fallas estructurales, ya sea para actividades de demolición o de reforzamiento, pero indica que pueden llegar a ser cientos de edificios con patologías estructurales.

(Manual de evaluación y reforzamiento, 2015) “La evaluación sísmica de edificaciones existentes realizada utilizando ASCE-31 está específicamente orientada a aceptar niveles un poco más altos de daños para cada nivel de desempeño que aquellos admitidos en construcción nueva, o en construcciones reforzadas de acuerdo a ACSE-41. En este manual hemos incorporado ese aspecto de ASCE-31 con la utilización de un factor de vulnerabilidad, CR, de 0.75 en la tabla A.3.1 aplicado a las exigencias estructurales, al hacer la evaluación de una edificación existente, a diferencia del factor de 1.0 aplicado cuando se valida un esquema de reforzamiento propuesto. Se considera que el factor 0.75 podría ser asimilable al empleo de los movimientos sísmicos de diseño con seguridad limitada definidos en A.10.3 del Reglamento NSR-10 y en este manual se emplea únicamente para vulnerabilidades. Lo anterior es consecuente con la práctica histórica en ASCE de evaluar edificaciones existentes con parámetros de diseño levemente inferiores a los de edificaciones nuevas. Esta práctica reduce la necesidad de rehabilitar estructuras con deficiencias relativamente bajas respecto al Nivel de Desempeño deseado.

Este manual utiliza las fuerzas sísmicas (nivel de riesgo) correspondientes a los Movimientos Sísmicos de Diseño definidos en la Sección A.2.2 del Reglamento NSR-10 para una

probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años. Sin embargo, es importante aclarar que el factor de movimientos sísmicos de diseño con seguridad limitada para reforzamientos definido en la tabla A.10.3-2 del NSR-10 es equivalente aproximadamente a 0.87 de A_a para Bogotá ($A_e=0.13$, $A_a=0.15$), valor inferior al propuesto en el presente manual que es de 1.00 para reforzamientos haciendo este método conservador respecto a lo permitido con el espectro de seguridad limitada para casos específicos.

Actualmente para la expedición de licencias urbanísticas rige el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda No. 1077 del 26 de mayo de 2015, emitido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1203 del 12 OBRAS CIVILES QUE COLAPSARON. 12 de julio de 2017 (Ministerio de Vivienda, 2017).

PÁEZ MORENO, Diego Fernando.” El diseño y la construcción de estructuras en el territorio colombiano, realizados informalmente hasta la ocurrencia del sismo de Popayán, en 1983, han sido objeto de numerosas actualizaciones desde el establecimiento, como ley nacional, del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, de 1984, (CCCRS–84), creado como respuesta al alto nivel de pérdidas humanas y económicas producto del evento citado. En 1997, gracias a los grandes adelantos en el estado del arte en ingeniería sísmica e ingeniería estructural, se da comienzo a la actualización de la norma, y en 1998 entra en vigencia la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR–98, que deroga la normativa anterior.”

Capítulo 2. Evaluación

Para llevar a cabo esta evaluación, se ha empleado una metodología que combina la revisión de literatura especializada en ingeniería estructural y refuerzo de columnas, con la realización de estudios de campo en edificaciones seleccionadas en Bogotá. Se han recopilado datos sobre las condiciones estructurales de las columnas, así como información relevante sobre normativas y códigos de construcción aplicables en la ciudad. Además, se han realizado pruebas de laboratorio para evaluar la resistencia de los materiales de refuerzo disponibles en el mercado y su efectividad en el fortalecimiento de las columnas con resistencia baja. Estas pruebas se han llevado a cabo siguiendo los estándares y protocolos establecidos por organismos internacionales de ingeniería civil.

La metodología utilizada en esta evaluación se basa en un enfoque interdisciplinario que combina la teoría de la ingeniería estructural con la práctica de la construcción, con el objetivo de identificar y proponer soluciones efectivas y sostenibles para mejorar la resistencia de las columnas en edificaciones de Bogotá.



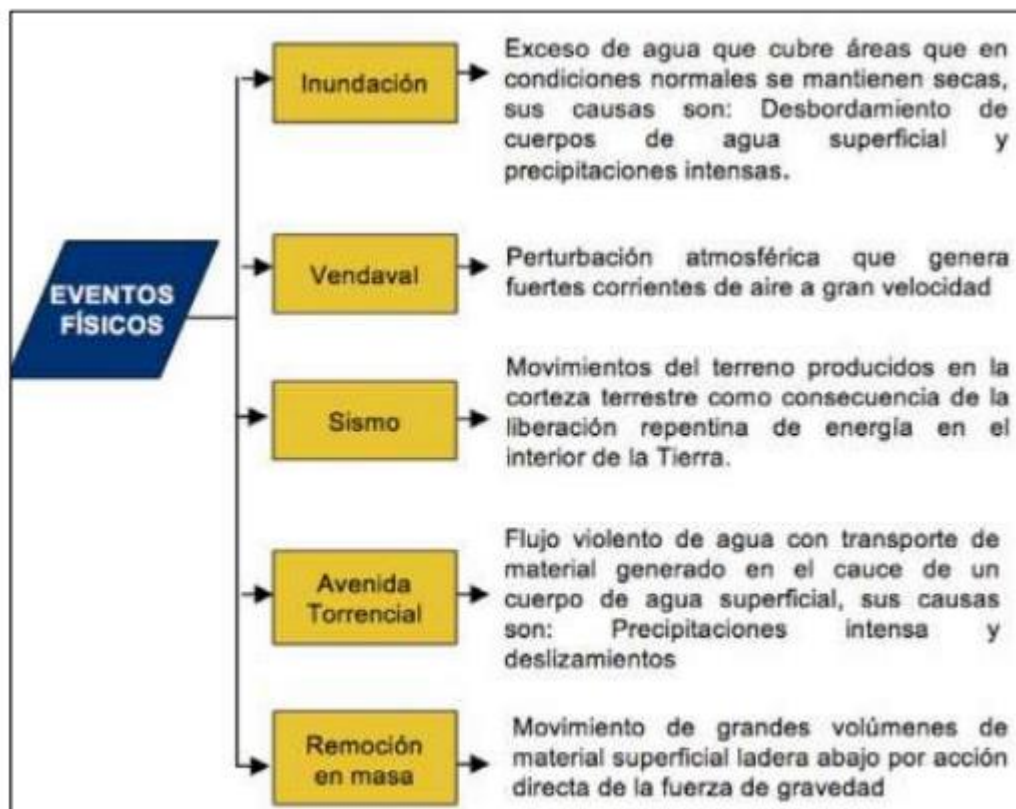
<https://mapas-mundo.com/colombia/city/bogota/>

Figura No. 1. Ubicación

Se fundamenta en los principios de la ingeniería estructural y la arquitectura, así como en los avances tecnológicos y científicos relacionados con el refuerzo estructural de columnas en edificaciones. Para abordar el problema de las columnas con resistencia baja, es necesario comprender los conceptos fundamentales de la resistencia de materiales, la mecánica de estructuras y la seguridad en la construcción.

Existen diversas teorías y modelos matemáticos que permiten analizar el comportamiento estructural de las columnas, considerando factores como la carga aplicada, la resistencia de los materiales y las condiciones del entorno. Se apoyará en la revisión de literatura especializada en ingeniería estructural, arquitectura y materiales de construcción, así como en la consulta de fuentes académicas y científicas que aporten conocimientos relevantes para el desarrollo de una solución de refuerzo estructural efectiva y sostenible para columnas con resistencia baja en edificaciones. Este enfoque teórico permitirá fundamentar y sustentar las decisiones y recomendaciones que se presentarán en el trabajo de investigación.

El marco conceptual del siguiente proyecto se fundamenta en una solución de reforzamiento para elementos estructurales en este caso columnas de una edificación, debido a sus procesos constructivos llegan a presentar resistencias bajas en su material que la componen como es el concreto, convirtiéndose en un riesgo para las personas que utilizaran sus instalaciones y su mismo patrimonio, ya que se verán expuestas a amenazas por eventos físicos, tales como inundación, vendaval, sismo, avenida torrencial, remoción de masa. Como se muestra en la Figura No.1.



Fuente: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

Figura No. 2. Amenazas por eventos físicos

Tipos de Reforzamiento Estructural

- **Encamisado de Concreto:**
 - Procedimiento.
 - Materiales utilizados.
 - Casos de éxito en Colombia.
- **Refuerzo con láminas de Acero:**
 - Diferentes técnicas (jaulas, perfiles de acero, etc.).
 - Procedimientos y materiales.
 - Ejemplos de uso en Colombia.
- **Fibras de Carbono (FRP):**
 - Descripción y ventajas del uso de fibras de carbono.
 - Procedimientos y aplicaciones.

- Proyectos relevantes en Colombia.
- **Inyección de Resinas:**
 - Método de inyección de resinas para reparación de columnas.
 - Ventajas y aplicaciones.
 - Ejemplos de proyectos en Colombia.

En el desarrollo de este proyecto se utilizarán conceptos básicos, para la determinación de la vulnerabilidad de la estructura actual y posterior propuesta para un reforzamiento estructural de columnas, para dar inicio a este proceso, es necesario, llevar a cabo un estudio de suelos, el cual, será realizado con el fin de conocer, bajo que suelo estaba soportada la estructura (capacidad portante), la cual se va a intervenir. Ya que esto es básico para poder tomar decisiones radicales a la hora de plantear las soluciones. Éste consiste en la realización de tres sondeos para extraer el material de profundidad de 6m, lo anterior de acuerdo a la norma NSR 98 título H. 2.1.1

Vulnerabilidad sísmica. Predisposición intrínseca de un elemento, o grupo de elementos expuestos, a ser afectado o ser susceptible a sufrir daño, ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Reforzamiento. El Reforzamiento estructural consiste en adecuar las plantas físicas de las estructuras, de acuerdo a los requerimientos estructurales necesarios para prevenir situaciones de riesgo o catástrofe; es decir, que en la eventualidad de un temblor o terremoto, la edificación garantice la vida y la seguridad.

Estudio de suelos. Conocer el comportamiento y las características físicas y mecánicas del suelo y otros elementos que nos sirven como parámetros de diseño y evaluación de estructuras como cimiento o vía, o superestructura como edificación.

Diseño estructural. Es aquel proceso que, partiendo de los datos propios del objeto a construir, en este caso un edificio, permite proyectar un sistema estructural completo, estable, permanente y factible.

Durante el estudio de la capacidad de la edificación se debe evaluar los materiales con los que esta fue construida y determinar sus características de resistencia mediante ensayos no destructivos en su preferencia, con el fin de no debilitar la estructura existente, en última instancia se llevaran a cabo ensayos destructivos. Los siguientes son los aspectos para el estudio de vulnerabilidad de una edificación según el reglamento NSR-10:

a) Se debe determinar los índices de sobreesfuerzo (el cociente entre las solicitaciones equivalentes) individual de todos los elementos estructurales de la edificación, esto se realiza considerando las relaciones entre la demanda sísmica de esfuerzos y la capacidad de resistir de la edificación.

b) Formulación de una hipótesis de secuencia de falla de la edificación con base en la línea de menor resistencia, identificando la incidencia de la falla progresiva de los elementos, iniciando con aquellos con un mayor índice de sobreesfuerzo.

c) Definición de un índice de sobreesfuerzo general de la edificación, definido con base en los resultados del ítem anterior. El inverso del índice de sobreesfuerzo general expresa la vulnerabilidad de la edificación como una fracción de la resistencia que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos del reglamento NSR-10.

d) Obtención de un índice de flexibilidad general de la edificación, el cual indica la susceptibilidad de la estructura a tener deflexiones o derivas excesivas, con respecto a las permitidas por el Reglamento. El inverso del índice de flexibilidad general expresa la vulnerabilidad sísmica de la edificación como una fracción de la rigidez que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos que se exigen.

PÁEZ MORENO, Diego Fernando. "Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones". Los parámetros que definen la vulnerabilidad de una estructura se pueden esquematizar en la gráfica 1. El comportamiento estructural ante una solicitación de tipo natural o antrópica cualquiera está sujeto a las condiciones bajo las cuales fue idealizada y concebida la estructura (diseño y cálculo), cuyo nivel de significancia dentro del proyecto integral

dependerá en fuerte medida de la eficacia y cumplimiento de las especificaciones de los materiales propuestos, del sistema de calidad y del nivel de seguimiento en los procesos constructivos, de la respectiva correspondencia en el nivel y tipo de ocupación y de la forma de mantenimiento y conservación de la estructura. Este comportamiento, expresado principalmente en términos de resistencia y rigidez, determina el grado de seguridad estructural y el grado de funcionalidad que tendrá la obra en estudio ante la demanda prevista. Estos parámetros, finalmente, determinarán la vulnerabilidad de la estructura estudiada.

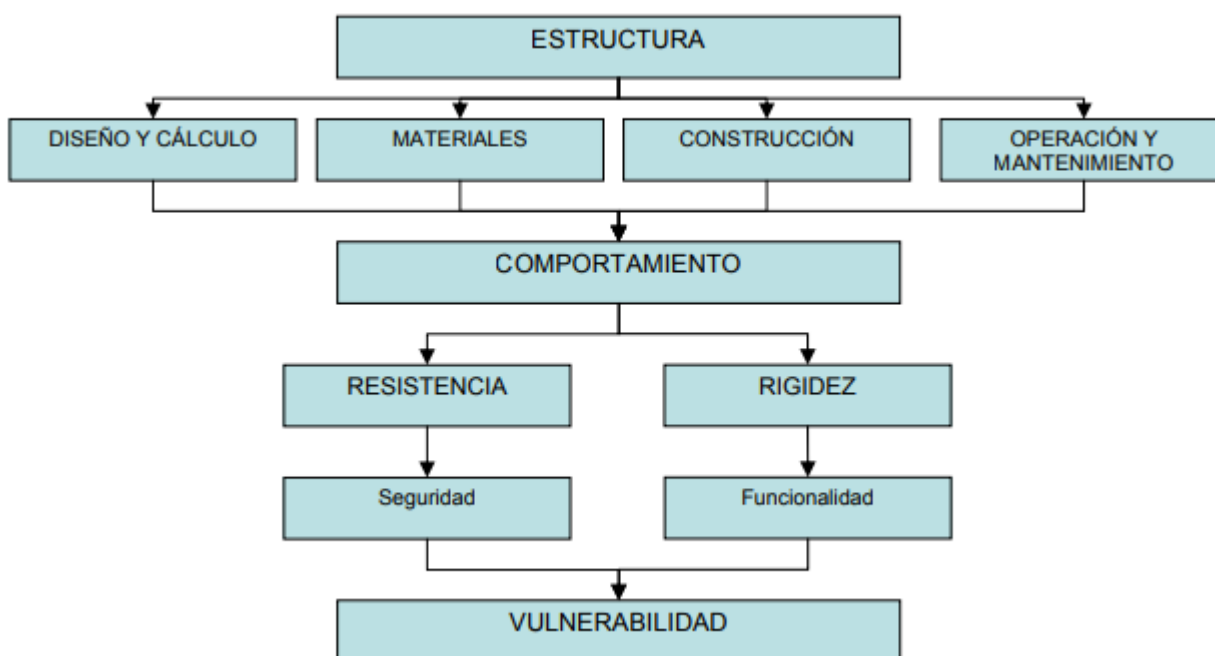


Figura No. 3. Esquema de vulnerabilidad estructural

Marco normativo

La normativa sismo resistente colombiana está conformada por:

La Ley 400 de 1997

Los decretos reglamentarios que ha expedido el Presidente de la República al amparo de la Ley 400 de 1997:

- Decreto 33 de 1998
- Decreto 34 de 1999
- Decreto 2809 de 2000

- Decreto 52 de 2002

Las resoluciones de la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, creadas por la misma Ley 400 de 1997. Que contiene la ley 400 de 1997 La Ley 400 de 1997 está dividida en diez Títulos que tratan sobre los siguientes temas:

- Título I - Objeto y Alcance
- Título II – Definiciones
- Título III - Diseño y Construcción
- Responsabilidades
- Otros materiales y métodos alternos de diseño y construcción
- Título IV - Revisión de los diseños
- Título V - Supervisión técnica de la construcción
- Título VI - Profesionales
- Calidades y requisitos
- Diseñadores
- Revisores de diseños
- Directores de construcción
- Supervisores técnicos

Título VII - Comisión asesora permanente para el régimen de Construcciones sismo resistentes

Título VIII - Potestad reglamentaria

- Decretos reglamentarios
- Alcance y temario técnico y científico
- Título IX - Responsabilidades y Sanciones
- Título X - Disposiciones finales

Los diferentes títulos de la norma NSR 98 mencionados a continuación:

- Título A Requisitos generales de diseño y construcción sismorresistente
- Título B Cargas de diseño
- Título C Concreto estructural
- Título E Casas de uno y dos pisos
- Título H Estudios geotécnicos

Enfoque y alcance de la investigación

De acuerdo con Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018) para “analizar los datos cuantitativos debemos recordar dos cuestiones: primero, que los modelos estadísticos son representaciones de la realidad, no la realidad misma; y segundo, los resultados numéricos siempre se interpretan en contexto...” Por lo anterior, el enfoque de la investigación será cuantitativo, centrándose en la recopilación y análisis de datos numéricos obtenidos de la normatividad aplicable vigente y de los resultados de ensayos de laboratorio. Así, se garantiza una comprensión adecuada de la información adquirida. Teniendo una solución final de reforzamiento de estructuras de edificaciones.

La investigación se enfocará en el desarrollo de una solución efectiva para reforzar columnas que presenten resistencia baja en edificaciones. Se ha establecido un alcance exploratorio, con el objetivo de identificar diversas técnicas y materiales de refuerzo disponibles en el mercado. Para lograr este propósito, se llevarán a cabo análisis de estudios previos, se realizarán pruebas de laboratorio y se evaluarán casos prácticos. Estas actividades permitirán determinar la viabilidad y eficacia de cada método de refuerzo. El objetivo final es mejorar la resistencia estructural de estos elementos, brindando recomendaciones claras y fundamentadas que contribuyan a la seguridad y estabilidad de las edificaciones.

Población y muestra

Población

La población objetivo de la investigación incluirá empresas constructoras, clientes privados vinculados al sector de la construcción, así como ingenieros civiles especializados en estructuras.

Muestra

Se compone de profesionales en el sector de la construcción con experiencia mayor a 5 años en el campo de la ingeniería estructural, la participación activa en proyectos de construcción y consultoría, y que, hagan parte de la contratación pública y privada en la ciudad de Bogotá. Se

realizó a través de la técnica de muestreo por conveniencia; esta es una técnica no probabilística que nos sirve para comprender las experiencias o percepciones de un grupo específico de personas.

Instrumentos

Encuestas. Se realizó una encuesta a través de Google Forms a personal asociado al gremio de la construcción, que tenga un rol directo en el desarrollo de su profesión, y se planteó su percepción de la solución de reforzamientos de edificaciones, con los resultados obtenidos se organizó una base de datos en Microsoft Excel y posteriormente codificada en el software IBM SPSS (Statistics editor de datos).

Estas encuestas nos ayudarán a determinar el nivel de aceptación de la solución de reforzamiento para una estructura. A continuación, presentamos la serie de preguntas que fueron abordadas:

1. ¿Cuál es su profesión afín al sector de la construcción?
 - a. Ingeniero civil
 - b. Ingeniero civil especialista en estructuras
 - c. Arquitecto diseñador
 - d. Supervisor técnico independiente
 - e. Constructor
2. ¿Ha enfrentado problemas relacionados con la baja resistencia de las columnas en sus edificaciones?
 - a. Si
 - b. No
3. ¿Cuál de los siguientes métodos o técnicas ha utilizado previamente para reforzar columnas con resistencia baja?
 - a. Reforzamiento con fibra de carbono.
 - b. Reforzamiento con chapas metálicas.
 - c. Escarificación y ampliación de las dimensiones del elemento.

4. ¿Cuál de los siguientes factores considera más importantes al evaluar la implementación de una solución de refuerzo estructural?
 - a. Económico
 - b. Tiempo de implementación
 - c. Impacto en la estructura existente
 - d. Cumplimiento normativo

5. ¿Cuál de los siguientes obstáculos o desafíos cree que podrían surgir al implementar soluciones de refuerzo estructural en proyectos de construcción?
 - a. Costo elevado de la implementación.
 - b. Disponibilidad limitada de materiales y tecnología adecuados.
 - c. Interrupción del cronograma de construcción debido a la implementación del refuerzo.
 - d. Impacto en la estética o funcionalidad de la estructura existente.

La encuesta planteada nos ayudara a determinar algunos interrogantes sobre la problemática planteada, las preguntas se enfocaron en el sector de la construcción y sus profesiones afines, esto con el fin que tengamos unos datos certeros y a través de los resultados logremos dar respuesta a nuestros objetivos propuestos y encontrar y Analizar la solución más viable de reforzamiento para las columnas que presenten resistencia baja en su concreto en la construcción de una edificación

Capítulo 3. Resultados

El reforzamiento estructural de columnas mediante el método de chapas metálicas con láminas metálicas A 36, es una técnica comúnmente utilizada en Colombia para aumentar la capacidad de carga y mejorar la resistencia estructural de columnas de concreto, especialmente en estructuras que hayan presentado resistencias bajas en el concreto en su momento de construcción, hayan sufrido daños o requieren adecuaciones sísmicas. Este método es efectivo para reforzar tanto columnas circulares como rectangulares, ya que presenta muchas ventajas que abordaremos en este capítulo, con el fin de encontrar una respuesta a nuestro objetivo principal “ Analizar una solución de reforzamiento para la intervención de columnas de una edificación que presenten resistencia baja en su concreto, sin afectar los demás elementos estructurales en los pisos superiores “

Para lograr dar un horizonte a nuestra problemática se realizó una encuesta a través de Google Forms a un grupo de 10 personas relacionadas con el ramo de la construcción y la ingeniería, con los resultados obtenidos se organizó una base de datos en Microsoft Excel y posteriormente codificada en el software IBM SPSS (Statistics editor de datos). Inicialmente daremos preparación de datos en Excel, se importan los datos de la encuesta de Google Forms a Microsoft Excel, se realiza una verificación y consistencia de los datos, validando que no hayan errores ni datos faltantes, se procede a organizar los datos en una estructura, con cada variable en una columna y cada observación en una fila. Posterior a esto se realiza exportación de datos al software IBM SPSS, una vez que los datos están organizados en Excel se exporta la base de datos al software.

Se realiza un análisis descriptivo en SPSS, se abre el archivo con los datos almacenados, para realizar un análisis descriptivo para examinar las características básicas de las variables, como medidas de tendencia central, dispersión y frecuencias, con ayuda de herramientas gráficas dentro de SPSS para visualizar los resultados, como histogramas, gráficos de barras o diagramas de dispersión y aplicación de medidas estadísticas para determinar las medidas estadísticas apropiadas según el tipo de datos y el objetivo del estudio, para resumir y analizar los datos, como promedios, medianas, desviaciones estándar y porcentajes de respuestas. Los datos recolectados procederemos a su interpretación de resultados, luego de hacer uso de las

herramientas informáticas tales como, Microsoft Excel para la organización inicial de los datos e IBM SPSS para el análisis estadístico, se aplicaron las medidas estadísticas de frecuencia y porcentajes, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Teniendo en cuenta que el tema en mención es muy específico en el ramo de la construcción y la ingeniería se plantea una de las preguntas de la encuesta realizada ¿Cual es profesión afín al sector de la construcción?, se logró determinar que el mayor porcentaje de profesionales encuestados son profesionales en arquitectura, dedicados a diseñar edificaciones , lo que nos logro dar respuesta o solución a uno de nuestros objetivos específicos consistente en “Indagar en el sector si conocen los diferentes tipos de reforzamiento estructural para edificaciones”, como se evidencia en la Figura No. 3 y Tabla No. 1

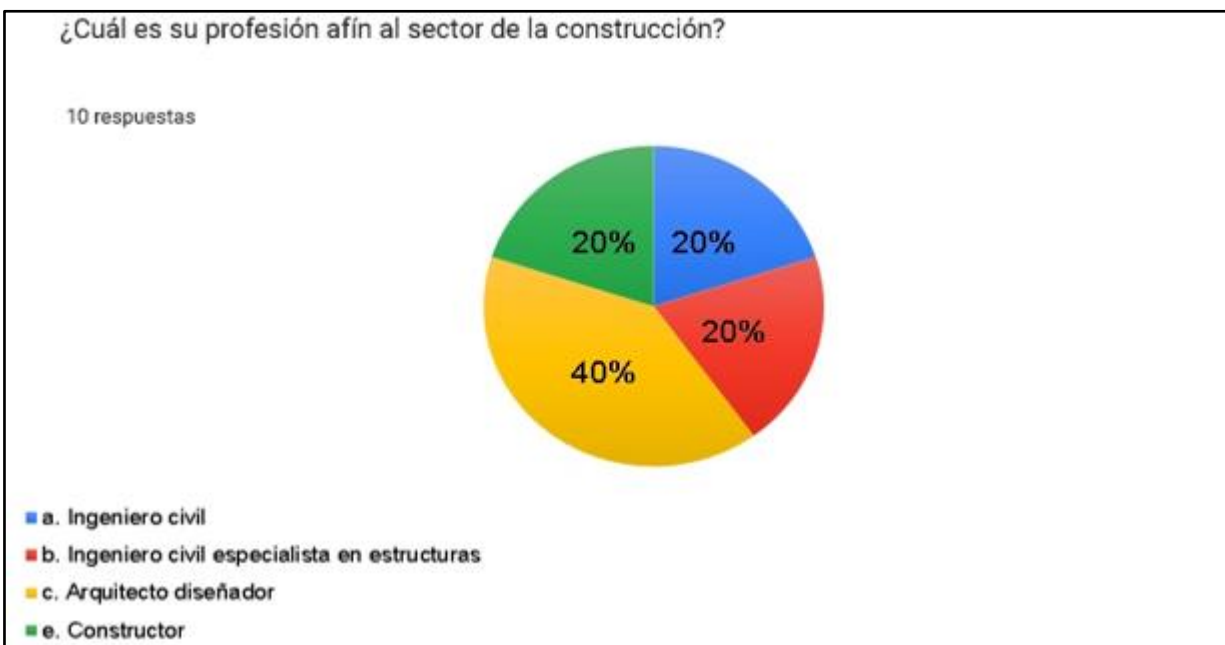


Figura No. 4. Resultado pregunta No. 1

Tabla No. 1. Comparativo respuestas pregunta No. 1

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	a. Ingeniero civil	2	20,0	20,0	20,0
	b. Ingeniero civil especialista en estructuras	2	20,0	20,0	40,0
	c. Arquitecto diseñador	4	40,0	40,0	80,0
	e. Constructor	2	20,0	20,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

La ubicación geográfica de Bogotá presenta una tipología de suelos blanda, en la estación de «Ingeominas» (calle 53, carrera 30), que quedaba ubicada en la antigua zona «3» de la microzonificación de 1997 [18], quedó en el decreto 523 de 2010, [19], en el suelo de tipo «Lacustre 200». Cuando se dibujan en un mismo gráfico los tres espectros de aceleración absoluta como son: (1) el de Quetame en superficie, (2) el de la zona «3» del Decreto 193 de 2006, y (3) aquel correspondiente a la zona «Lacustre 200» del Decreto 523 de 2010, [19], lo anterior quiere decir que las frecuencias de un sismo tenga un fuerte incremento en la zona de Bogotá, nuestra problemática esta enfocada en esta ciudad, de ahí surge la pregunta ¿ha enfrentado problemas relacionados con la baja resistencia de las columnas en sus edificaciones?, el total de los encuestados afirma que ha presentado este tipo de problemas, dado que existen causas que ocasionan las resistencias bajas de un concreto en el proceso constructivo de una edificación, como las siguientes: 1) Un mal procedimiento en la toma de la muestra de concreto en obra para los ensayos de laboratorio a compresión. 2) Equipos usados en el laboratorio sin el debido certificado de calibración. 3) Un error en la dosificación del concreto en planta. Se presenta en la figura No. 4 y Tabla No. 2

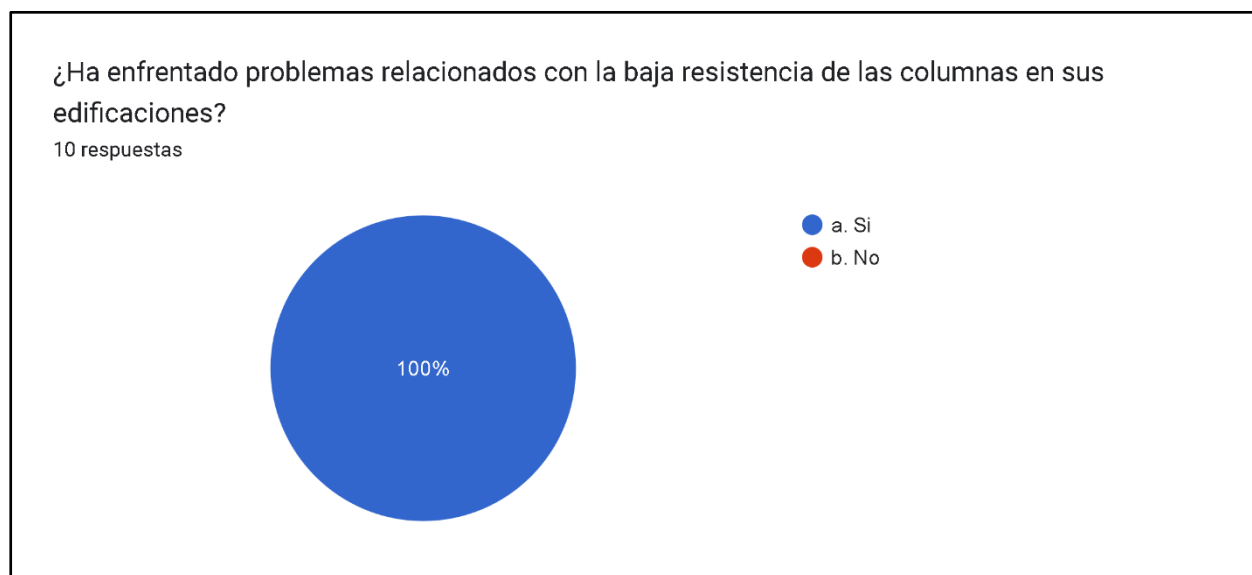


Figura No. 5. Resultado pregunta No. 2

Tabla No. 2. Comparativo respuestas pregunta No. 2

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	a. Si	10	100,0	100,0	100,0

La siguiente pregunta planteada nos ayudara a resolver el objetivo específico principal y es “Analizar la solución más viable de reforzamiento para las columnas que presenten resistencia baja en su concreto en la construcción de una edificación”, ya que tiene relación directa y explicaremos el tipo de reforzamiento mas viable en columnas, respecto a los métodos utilizados por los encuestados y a nuestra pregunta planteada ¿Cuál de los siguientes métodos o técnicas ha utilizado previamente para reforzar columnas con resistencia baja?, se evidencia que el 100% coinciden en que el método de reforzamiento con chapas metálicas es el que han utilizado en sus reforzamientos, lo anterior se evidencia en la figura No. 5 y Tabla No. 3. Es importante siempre que se realice alguna modificación durante la etapa del proceso constructivo, realizar la consulta previa al diseñador estructural y esto mismo plasmarlo en registros verificables.

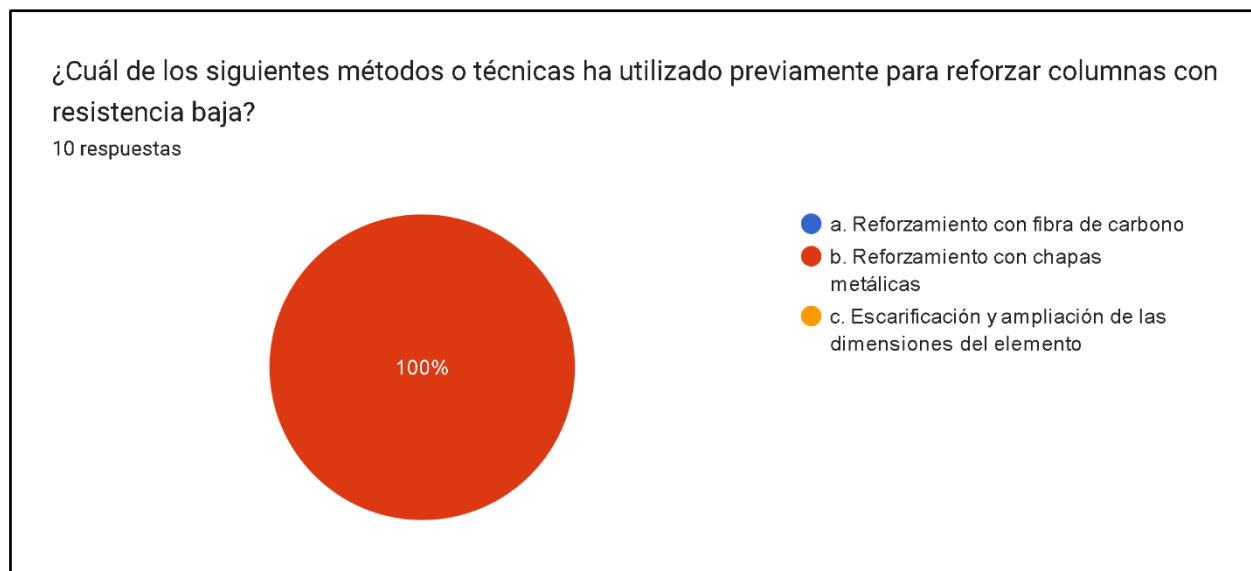


Figura No. 6. Resultados pregunta 3

Tabla No. 3. Comparativo respuestas pregunta 3

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	b. Reforzamiento con chapas metálicas	10	100,0	100,0	100,0

A continuación, daremos un abreviado explicación del método de reforzamiento con chapas metálicas y los pasos generales para el enchaquetamiento de columnas con chapas (láminas) Metálicas y sus ventajas que presenta, este método es ampliamente utilizado debido a su efectividad y relativa simplicidad al momento de la instalación, permitiendo unos costos óptimos o viables para los constructores, haciendo que sea una opción popular para el refuerzo estructural en Colombia y lo mas relevante es que esta avalada por el Reglamento Sismo Resistente Colombiano NSR-10.

Reforzamiento de columnas con chapas metálicas:

La solución estructural consiste en retirar el recubrimiento de las columnas hasta dejar expuestos los aceros de refuerzo longitudinal y transversal, y su posterior remplazo por una lámina exterior de acero A-36 de $\frac{1}{2}$ " de espesor; el espacio libre entre el núcleo de concreto original de las columnas y la lámina de acero antes descrita se rellena con un mortero autonivelante de baja retracción y alta resistencia, tipo Emaco S469. A fin de darle a cada columna intervenida un acabado similar a las demás columnas del proyecto, se hace un recubrimiento exterior con mortero epóxico que simula el acabado del concreto a la vista. Para darle adherencia al mortero de acabado, se instala alrededor de las columnas una malla que se fija a la lámina de acero mediante soldadura. El esquema siguiente muestra en forma gráfica lo descrito:



Figura No. 7. Detalle reforzamiento columnas con chapas metálicas

Proceso de Reforzamiento:

1. Inspección y Evaluación Inicial:
 - Realizar una evaluación detallada de la estructura existente para identificar el estado actual de las columnas y determinar la necesidad de refuerzo.

- Identificar las cargas adicionales que se aplicarán a las columnas después del refuerzo.
- 2. Preparación de la Superficie:**
- Limpiar la superficie de la columna para eliminar polvo, suciedad, aceite y cualquier material suelto.
 - Reparar cualquier daño significativo en la columna, como grietas o huecos, utilizando mortero de reparación.
- 3. Diseño del Refuerzo:**
- Calcular el espesor y tipo de lámina metálica necesario basado en la evaluación estructural.
 - Determinar la configuración y dimensiones de las láminas de refuerzo, así como los puntos de anclaje.
- 4. Corte y Preparación de Láminas Metálicas:**
- Cortar las láminas metálicas a las dimensiones especificadas en el diseño.
 - Perforar las láminas según sea necesario para la instalación de pernos o anclajes.
- 5. Aplicación del Adhesivo Epóxico:**
- Aplicar un adhesivo epóxico de alta resistencia sobre la superficie de la columna y las láminas metálicas.
 - Asegurarse de que el adhesivo cubra uniformemente toda la superficie de contacto.
- 6. Instalación de Láminas Metálicas:**
- Colocar las láminas metálicas sobre la columna y presionarlas firmemente para garantizar un buen contacto y adherencia.
 - Utilizar abrazaderas o cintas de sujeción temporal para mantener las láminas en su lugar mientras el adhesivo se cura.
- 7. Instalación de anclajes columna - lamina:**
- Colocar anclajes mecánicos o pernos a través de las láminas y la columna para asegurar un refuerzo adicional.

- Ajustar los pernos según las especificaciones del diseño para garantizar una conexión adecuada.

8. Curado del Adhesivo:

- Dejar que el adhesivo cure completamente según las instrucciones del fabricante antes de someter la columna a cargas.

Consideraciones Especiales

- **Normativas Locales:** Asegurarse de cumplir con las normativas y códigos de construcción locales en Colombia, como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
- **Condiciones Ambientales:** Considerar las condiciones ambientales durante la aplicación del adhesivo y la instalación de las láminas, ya que la humedad y la temperatura pueden afectar el desempeño del adhesivo.
- **Mantenimiento:** Planificar inspecciones regulares y mantenimiento del refuerzo para asegurar su durabilidad y efectividad a largo plazo.

Ventajas :

- **Aumento de Capacidad de Carga:** Mejora significativamente la capacidad de carga de las columnas reforzadas.
- **Mejora de Resistencia Sísmica:** Aumenta la ductilidad y resistencia a fuerzas sísmicas.
- **Rápida Instalación:** Puede ser instalado rápidamente en comparación con otros métodos de refuerzo.
- **Versatilidad:** Puede ser utilizado en una variedad de estructuras y tipos de columnas circulares y rectangulares.

Es importante en este capítulo indicar algunos del índice que son de estricto cumplimiento y requeridos por la NSR-10 y se deben calcular en el momento del diseño de la solución de reforzamiento con láminas metálicas, La Tabla siguiente presenta los valores de los índices que se contemplan en el estudio de reforzamiento y que se obtienen en la modelación, una vez retirados los recubrimientos y adicionadas las camisas de acero:

Tabla No. 4. Índices de cumplimiento NSR-10

Índices demanda/capacidad						
Módulo	Ubicación columnas	Sección (cm)	Columna original (Memoria)	Columnas construidas	Columnas Reforzadas	CHECK
4	A-14	60x100	0.61	0.727	0.615	CUMPLE
	B-14	60x100	0.542	0.686	0.527	CUMPLE
	A-17	$\phi=100$	0.768	0.822	0.706	CUMPLE
5	17-G	$\phi=90$	0.346	0.381	0.184	CUMPLE

En el diseño convencional, que sigue un proceso lineal, el análisis se enfoca en verificar el cumplimiento de las derivas, y se podría pensar que todo este análisis está muy por debajo de los requisitos establecidos como seguros. Sin embargo, muchas de las realidades mostradas en los análisis previos son graves porque: (1) Con bajos niveles de deriva se alcanzaron niveles de resistencia que se supone nunca debieron aparecer con el sismo de la séptima parte del periodo de retorno. (2) El alcance de la resistencia involucra rotulación y articulación de elementos, que de forma necesaria tiene asociada degradación de la rigidez inicial, que con la misma masa presente desencadena el incremento del periodo estructural, que sobre suelo blando, siempre tienen más desplazamiento relativo a mayor periodo, i.e., más deriva, en un proceso cíclico que cuando tiene la duración suficiente se vuelve evolutivo e irreversible. (3) La articulación de muchos elementos resultó en elementos de soporte y en pisos bajos, estableciendo potenciales mecanismos de colapso que solo necesitan de mayor energía inducida y duración para que se desarrollen. (4) Con todo lo anterior, así las derivas hayan sido bajas, en realidad lo calculado fue preocupante porque para un sismo tan pequeño no debió haber pasado nada, y por el contrario, se configuraron en estructuras perfectas y sin defectos comunes, mecanismos potenciales de falla, que ante mayor demanda, solo crecerán hacia los siguientes estados límites de mayor daño y riesgo. Si lo anterior reviste preocupación haciéndose en el caso de edificaciones ideales, es presumible pensar que cuando se incremente artificialmente el Módulo de Elasticidad y se permita mayor deriva en la asignación de la rigidez, los resultados podrían ser mucho peores. Aspecto adicional y real, lo constituyen los defectos de las estructuras como las irregularidades en

planta y elevación, y las acostumbradas columnas cortas o pisos débiles. Normalmente los defectos establecen mecanismos de falla más prematuros a partir de los cuales se desarrolla un eventual mayor daño. Desde ese punto de vista lo encontrado, que ya es preocupante, muestra el escenario más benigno dentro de todas las consideraciones reales del problema, que puede ser más grave en la realidad.

Ensayos:

Puesto que todos los materiales utilizados serán adquiridos de terceros ajenos a la obra, previamente se aportarán los respectivos certificados de calidad emitidos por cada uno de los fabricantes. Los procesos de taller serán realizados por una firma con certificación de calidad y por personal idóneo; como en el caso de los materiales, los documentos y certificaciones se entregarán para su aprobación. Al final de la instalación y soldado de las láminas de acero se realizarán los correspondientes exámenes de tintas para constatar la calidad de las soldaduras.

De acuerdo con el método viable de reforzamiento de columnas, nos permite establecer o definir uno de nuestros objetivos específicos y es definir el procedimiento seguro para la intervención de columnas que presenten resistencia baja en su concreto para una edificación, teniendo en cuenta que el método de reforzamiento de columnas con chapas metálicas, no implica la demolición del elemento, el procedimiento es seguro ya que en ningún momento se corta el punto de apoyo de la columnas a reforzar, lo que se hace es quitar el recubrimiento de 5 cm de la columna y proceder a encamisar con las láminas, el procedimiento seguro consiste en instalar paraleles metálicos de apoyo en el área aferente de la columna a reforzar, se realiza el monitoreo con equipos de precisión para determinar cambios en alturas o posible deformaciones del elemento, permitiendo llevar un control de deformaciones y asentamientos posibles que se lleguen a presentar.

Respecto a nuestra cuarta pregunta planteada ¿Cuál de los siguientes factores considera más importantes al evaluar la implementación de una solución de refuerzo estructural? , El sesenta por ciento de los encuestados determina que el factor principal al evaluar la implementación de una solución de refuerzo estructural es el impacto en la estructura existente, seguido de un treinta por ciento que se inclina por el cumplimiento normativo. Al respecto es relevante mencionar lo que nos requiere la norma en Colombia NSR-10 y Ley 400 de 1997, exige que los diseños, memorias y planos deben ser revisados o por profesionales capacitados en las curadurías o por revisores externos independientes del diseñador estructural, (Ministerio de Ambiente, 2010) “quienes suscribirán un memorial en que se indique taxativamente que los procedimientos empleados consultan las mejores metodologías que se disponga sobre estos procedimientos y que la edificación así diseñada tiene resistencia y expectativas de comportamiento similares a los de una edificación diseñada por los otros métodos permitidos por el Reglamento” para poder obtener la licencia de construcción. El diseñador debe manifestar conocer las modificaciones y estar de acuerdo, de lo contrario se pierde completamente la responsabilidad del calculista estructural. Si un diseñador estructural no acata las recomendaciones dadas en el estudio de suelo por la geotecnia, corre el riesgo de que su edificación sea construida para colapsar, si el suelo no es apto para edificar, o no puede edificar más de un número determinado de pisos, o no soporta cierta carga, por ejemplo, esto se evidencia en el estudio de suelos. La figura No. 5 y la Tabla No. 4 nos muestra la evidencia que muchas veces se opta por no afectar la estructura existe seguido del cumplimiento normativo. Es importante resaltar que teniendo en cuenta el sistema viable de reforzamiento para columnas, el impacto en la estructura existente es seguro y el riesgo es bajo, ya que in ningún momento se demuele el núcleo de la columna a reforzar, lo que minimiza el riesgo de asentamientos o deformaciones en las columnas y la edificación.

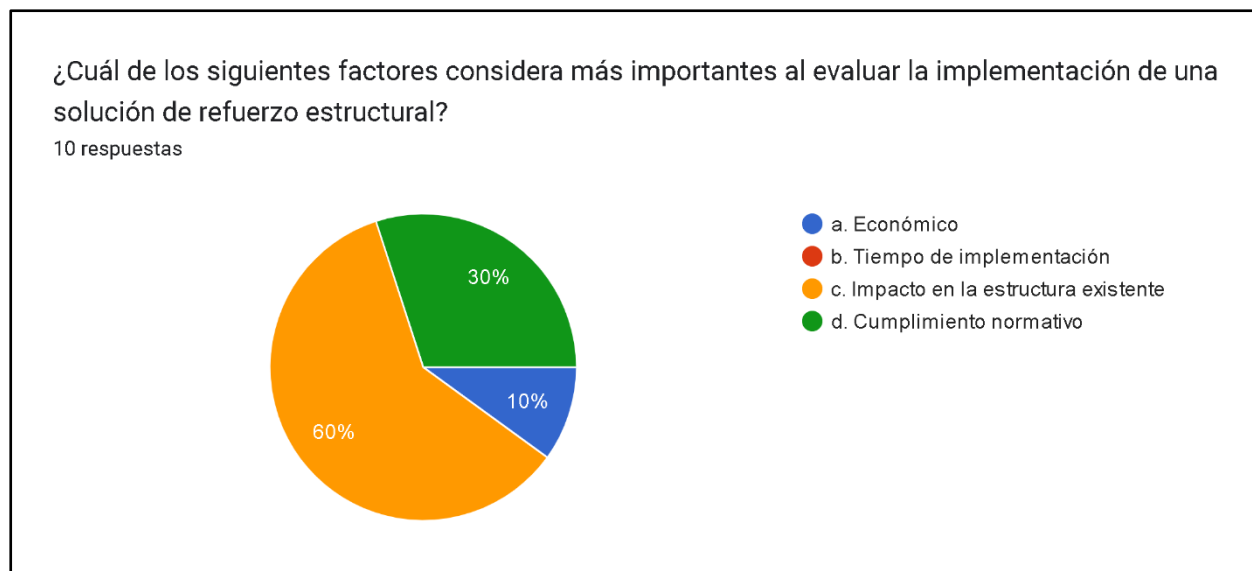


Figura No. 8. Resultado pregunta No. 4

Tabla No. 5. Comparativo respuestas pregunta No. 4

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	a. Económico	1	10,0	10,0	10,0
	c. Impacto en la estructura existente	6	60,0	60,0	70,0
	d. Cumplimiento normativo	3	30,0	30,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Para analizar los resultados de esta pregunta hay que tener en cuenta a que sector pertenece la problemática. Si hace parte del sector público se enfoca mucho en dar cumplimiento al cronograma presentado inicialmente, dado que son proyectos con un plazo de ejecución corto. Mientras que en el sector privado se busca optimizar los recursos económicos. De ahí el resultado que nos arroja la encuesta de que el 40% presenta obstáculos por temas de costo elevado de la implementación y el otro 40% en la interrupción del cronograma de construcción debido a la implementación del refuerzo.

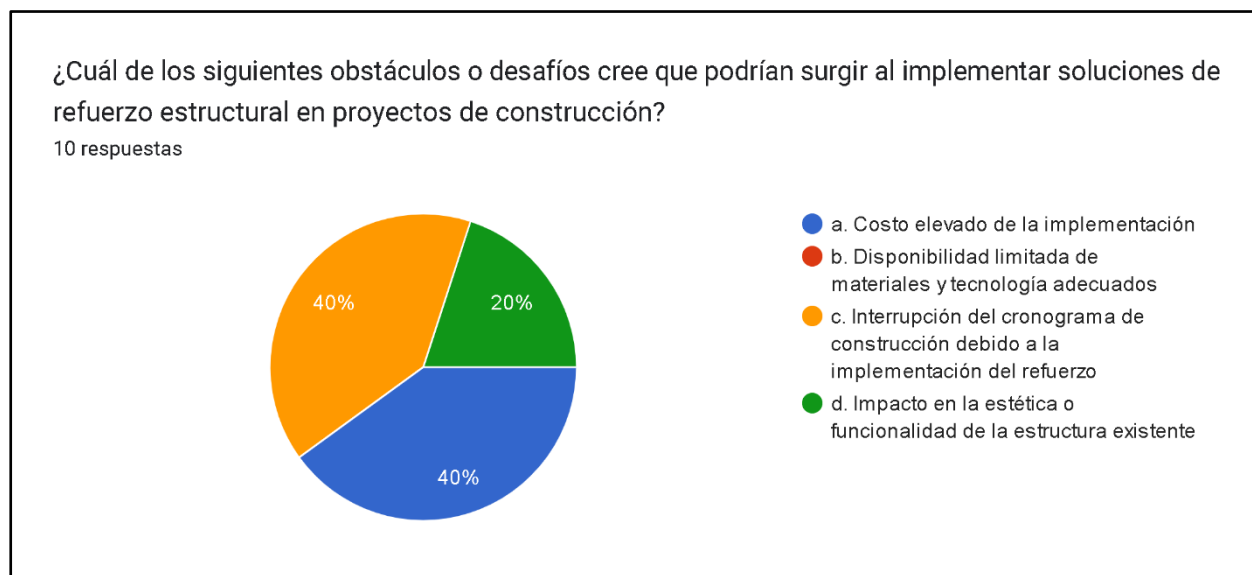


Figura No. 9. Resultados pregunta No. 5

Tabla No. 6. Comparativo respuestas pregunta No. 5

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	a. Costo elevado de la implementación	4	40,0	40,0	40,0
	c. Interrupción del cronograma de construcción debido a la implementación del refuerzo	4	40,0	40,0	80,0
	d. Impacto en la estética o funcionalidad de la estructura existente	2	20,0	20,0	100,0
	Total	10	100,0	100,0	

Capítulo 4. Conclusiones

De acuerdo con el estudio planteado, los datos recolectados y el análisis realizado se puede analizar la solución más viable de reforzamiento para las columnas que presenten resistencia baja en su concreto en la construcción de una edificación, la cual corresponde a reforzamiento con chapas metálicas, al establecer el método de reforzamiento con chapas metálicas y de acuerdo con el tipo de edificación a reforzar se logra definir el procedimiento seguro para la intervención de columnas que presenten resistencia baja en su concreto para una edificación, el cual corresponde a instalar formaleta provisional en el área aferente de las columnas a reforzar, para posterior a esto realizar la intervención de reforzamiento.

Teniendo en cuenta que se realizó estudio en la población y muestra que tienen una relación directa con la problemática con el fin de indagar en el sector si conocen los diferentes tipos de reforzamiento estructural para edificaciones, el cual nos arrojó que por ser profesiones afines al sector construcción e ingeniería el sector está familiarizado con los tipos de reforzamiento de columnas, lo que nos indica que nuestra solución a implementar tiene un buen sector a satisfacer.

Con el diseño del reforzamiento propuesto se logra restaurar las capacidades de carga de las columnas y se cumple plenamente los niveles de calidad y de seguridad del diseño original de las columnas intervenidas, para lo cual se calculan los índices requeridos por el Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR – 10.

El reforzamiento de columnas con chapas metálicas es una técnica efectiva y versátil para mejorar la capacidad estructural de edificaciones existentes. Sin embargo, su éxito depende de una correcta selección de materiales, una adecuada preparación de la superficie y una instalación precisa. Este método proporciona una solución duradera y robusta, especialmente en situaciones donde se requiere una mejora significativa en la resistencia y rigidez de las columnas, conservar la arquitectura inicial y la estética no cambie. Al respecto es importante presentar unas recomendaciones: 1) Realizar un análisis detallado de la columna existente y las cargas a las que estará sometida. 2) Seleccionar el tipo de chapa metálica adecuada según el entorno y las características del proyecto. 3) Asegurar una correcta preparación de la superficie y seguir

estrictamente las instrucciones de instalación. 4) Considerar la realización de pruebas y monitoreo para verificar el desempeño del reforzamiento.

Es necesaria una vez realizada la solución de reforzamiento cumplir con los ensayos de laboratorio que permitan visualizar el comportamiento real de las estructuras y así determinar la funcionalidad y eficiencia de las metodologías de reforzamiento por medio de especímenes o modelos a escala real, ya que estos validan los sistemas de reforzamiento estructural, para su posterior aplicabilidad. Sin embargo, para efectuar ensayos de laboratorio se requiere disponer de recursos económicos elevados, limitando así el desarrollo investigativo en nuevas metodologías.

Este panorama hace necesario revisar de manera detallada el riesgo general al que pueden estar sometidas las edificaciones altas, densamente pobladas y edificadas en suelos blandos. Es desafortunado que en los últimos años se han edificado (y se siguen construyendo) este tipo de edificaciones en los suelos blandos de la capital de Colombia. Las distribuciones espaciales de los resultados obtenidos, muestran que son amplios los sectores donde las disposiciones de ordenamiento territorial de la ciudad permiten la construcción de las edificaciones elevadas sobre suelos blandos; en ese sentido, la ausencia de investigaciones relacionadas, y la autorización legal para poder edificar en el sitio, puede incrementar el riesgo social y humano de forma exponencial en poco tiempo. Las reducciones en requisitos de rigidez han generado de forma conexas el crecimiento de la altura de edificaciones.

El reforzamiento con láminas metálicas es una técnica efectiva para mejorar la capacidad de carga y la resistencia sísmica de columnas de concreto. Su versatilidad permite su aplicación en diferentes tipos de estructuras y formas de columnas. Mejora de la Seguridad Estructural: Este método proporciona una mejora significativa en la seguridad estructural, especialmente en zonas sísmicas como Colombia. Al aumentar la ductilidad y la resistencia a las fuerzas laterales, las columnas reforzadas pueden soportar mejor los eventos sísmicos. Simplicidad y Rapidez de Instalación: La técnica es relativamente simple y rápida de implementar, lo que permite minimizar el tiempo de inactividad de la estructura durante las obras de refuerzo. Esto es particularmente ventajoso en proyectos donde el tiempo es un factor crítico.

Es de obligatorio Cumplimiento la Normativa colombiana es fundamental asegurar el cumplimiento de las normativas y códigos de construcción locales, como el NSR-10, para garantizar que el refuerzo sea seguro y efectivo. La adecuación a estos estándares también facilita la aprobación de proyectos por parte de las autoridades competentes al igual que la Importancia de la Preparación y aplicación correcta la preparación adecuada de la superficie y la correcta aplicación del adhesivo epóxico son cruciales para el éxito del refuerzo. Cualquier deficiencia en estos pasos puede comprometer la efectividad del refuerzo.

En resumen, el reforzamiento con láminas metálicas es una solución viable y efectiva para el reforzamiento de columnas en Colombia, siempre que se realice con una adecuada planificación, ejecución y cumplimiento de las normativas locales. Este método no solo mejora la capacidad estructural, sino que también contribuye a la seguridad y la resiliencia de las edificaciones en entornos sísmicos.

Referencias

- Bernal Torres, C. A. (2022). Descripción y análisis de resultados. En Metodología de la investigación (p. 303). Pearson Educación.
- CAMACOL. (2020). *PROYECTO DE Investigación del sector de la construcción de las edificaciones en Colombia*. Bogotá: CAMACOL.
- DANE. (19 de febrero de 2020). *Mercado laboral en la Construcción*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co>
- Edward Yecid Torres Nova, W. C. (20 de mayo de 2017). *hemeroteca.unad.edu.co*. Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/revista-estrategica-organizacion>
- Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). Elaboración del reporte de resultados del proceso cuantitativo y del proceso cualitativo. En Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (pp. 570-608). McGraw-Hill.
- https://buildchange.org/wp-content/uploads/2016/04/15-11-05-BC_Manual-de-Evaluacion-y-Reforzamiento.pdf
- PÁEZ MORENO, Diego Fernando. "Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones". {En línea}. 2008. Disponible en: (http://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentrossuelosyestructuras/documentos/vulnerabilidad/01_diego_paez.pdf)
- Reglamento Colombiano Sismorresistente NSR-10.
- Valencia, D. C. (8 de mayo de 2017). *Institución Universitaria ESUMER*. Obtenido de <file:///D:/Downloads/43-Texto%20del%20art%C3%ADculo-185-1-10-20210409.pdf>
- VALLECILLA B. CARLOS RAMIRO, Fuerzas Sísmicas Principios y Aplicaciones NSR-98, Editorial KIMPRES LTDA, ISBN: 958-33-4572-5, 2003

Apéndice A

Encuesta dirigida al sector de la construcción de la ciudad de Bogotá para la solución de reforzamiento estructural en edificaciones

Encuesta dirigida al sector de la construcción de la ciudad de Bogotá para la solución de reforzamiento estructural en edificaciones						
Marca temporal	¿Cuál es su profesión afín al sector de la construcción?	¿Ha enfrentado problemas relacionados con la baja resistencia de las columnas en sus edificaciones?	¿Cuál de los siguientes métodos o técnicas ha utilizado previamente para reforzar columnas con resistencia baja?	¿Cuál de los siguientes factores considera más importantes al evaluar la implementación de una solución de refuerzo estructural?	¿Cuál de los siguientes obstáculos o desafíos cree que podrían surgir al implementar soluciones de refuerzo estructural en proyectos de construcción?	Dirección de correo electrónico
5/19/2024 22:51:00	a. Ingeniero civil	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	d. Cumplimiento normativo	c. Interrupción del cronograma de construcción debido a la implementación del refuerzo	
5/19/2024 22:52:19	e. Constructor	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	a. Económico	a. Costo elevado de la implementación	
5/19/2024 22:58:24	b. Ingeniero civil especialista en estructuras	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	d. Cumplimiento normativo	d. Impacto en la estética o funcionalidad de la estructura existente	infoincointe@gmail.com
5/19/2024 23:04:48	c. Arquitecto diseñador	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	c. Impacto en la estructura existente	d. Impacto en la estética o funcionalidad de la estructura existente	tluna.7213@gmail.com
5/20/2024 9:46:00	b. Ingeniero civil especialista en estructuras	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	c. Impacto en la estructura existente	a. Costo elevado de la implementación	rpastoro@gmail.com
5/20/2024 11:20:16	c. Arquitecto diseñador	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	c. Impacto en la estructura existente	a. Costo elevado de la implementación	kathej05@gmail.com
5/20/2024 11:39:35	e. Constructor	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	c. Impacto en la estructura existente	c. Interrupción del cronograma de construcción debido a la implementación del refuerzo	comprasconsorcioiapaz@gmail.com
5/20/2024 11:40:26	a. Ingeniero civil	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	d. Cumplimiento normativo	c. Interrupción del cronograma de construcción debido a la implementación del refuerzo	ingdurancosultor@gmail.com
5/20/2024 12:17:24	c. Arquitecto diseñador	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	c. Impacto en la estructura existente	a. Costo elevado de la implementación	nldecocoy@gmail.com
5/20/2024 14:35:52	c. Arquitecto diseñador	a. Si	b. Reforzamiento con chapas metálicas	c. Impacto en la estructura existente	c. Interrupción del cronograma de construcción debido a la implementación del refuerzo	arquitectogoo@gmail.com

