

**ESTUDIO PATOLÓGICO DE EDIFICACIÓN IPS SURA MADRID PARA ADECUACIÓN A
USO ESPECIAL SEGÚN NSR-10**

Andrea Alzate Rendón

C.C 43.184.154

Edgar Yamit Peña González

C.C 1'121.850.871

Universidad Santo Tomás

Especialización en Patología de la Construcción

Ingeniera: Diana Patricia Garavito Almonacid

Bogotá, Colombia

23 de noviembre de 2024

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1. JUSTIFICACIÓN	8
2. PREGUNTA PROBLEMA.....	8
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo General	8
3.2. Objetivos Específicos.....	9
4. BASES TEORICAS Y DEFINICIONES CONCEPTUALES	10
4.1. Antecedentes	10
4.2. Glosario.....	11
4.3. Marco Normativo.....	13
5. METODOLOGÍA.....	15
5.1. Diseño de Investigación	15
6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	18
6.1. Localización	20
7. HISTORIA CLINICA	21
7.1. Levantamiento Topográfico de la Edificación Existente:.....	21
7.2. Levantamiento de Lesiones y Sintomatología.....	22
7.3. Ensayos Destructivos y No Destructivos.....	24
8. DIAGNOSTICO	33
8.1. Estudio de Vulnerabilidad	33
8.2. Diagnóstico General	35
9. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	36
9.1. Tratamiento.....	36
9.1.1. Actividades de Mantenimiento.....	36
9.1.2. Actividades de Rehabilitación y Reforzamiento Estructural de la Edificación:	37
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
10.1. Estado Actual de la Edificación	43
10.2. Principales Patologías Detectadas.....	43

10.3.	Deficiencias de Materiales.....	44
10.4.	Vulnerabilidad Estructural.....	44
10.5.	Impacto del Subsuelo	45
10.6.	Causas de las Patologías.....	45
10.7.	Recomendaciones.....	45
10.8.	Conclusión general.....	47
11.	BIBLIOGRAFIA	48
12.	ANEXOS	49

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1	Localización caso de estudio – IPS SURA MADRID.	20
Figura 2	Plano de reforzamiento estructural zapatas.....	38
Figura 3	Plano de detalle típico de desplante de zapatas.....	38
Figura 4	Plano de detalle dimensión de zapatas.	39
Figura 5	Plano de reforzamiento estructural segundo piso.	41
Figura 6	Plano de reforzamiento estructural piso tipo.....	41
Figura 7	Plano de reforzamiento estructural planta cubierta.....	42

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1	Cuadro de áreas existentes en la edificación	18
Tabla 2	Resultados Ferroskan	24
Tabla 3	Resultados Ensayos de Compresión a Núcleos Extraídos.....	28
Tabla 4	Resultados Ensayo de Carbonatación.	29
Tabla 5	Dimensiones de cimentación.	31

CONTENIDO DE ANEXOS

ANEXO 1	- Ficha De Información General Del Paciente P1 Info.....	49
ANEXO 2	- Planos de la Edificación Levantados Durante el Estudio	49
ANEXO 3	- Fichas De Calificación – Diagnostico del Paciente	49
ANEXO 4	- Fichas De Calificación –Fichas de Inspección Ensayos No Destructivos Y Destructivos	49
ANEXO 5	- Imágenes de Ferroskan	49

ANEXO 6 - Resultados Ensayo de Núcleos Extraídos.....	49
ANEXO 7 - Estudio de Suelos	49
ANEXO 8 - Estudio de Vulnerabilidad Sísmica	49
<i>ANEXO 9 - Memorias de Calculo Estructural Cimentación</i>	<i>49</i>
<i>ANEXO 10 - Memorias de Calculo Estructural Estructura</i>	<i>49</i>

RESUMEN

Este estudio presenta una evaluación integral del estado estructural del edificio ubicado en la Carrera 6 #12-32 de Madrid - Cundinamarca, con el fin de determinar su aptitud para un nuevo uso como "Estructura de Ocupación Especial". A través de una inspección, análisis de documentación histórica y ensayos de laboratorio, se identificaron las patologías existentes en la estructura, tales como humedades, filtraciones, cambios de secciones de la estructura y alteraciones espaciales.

Posteriormente, se realizó un análisis estructural empleando el software Etabs 18 y considerando los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Este análisis permitió evaluar la capacidad portante de la estructura ante las nuevas cargas impuestas por el cambio de uso y determinar las zonas más vulnerables.

Como resultado de este estudio, se ha elaborado un diagnóstico preciso del estado actual de la estructura, identificando las causas de las patologías y cuantificando su impacto en la seguridad y habitabilidad del edificio. Con base en este diagnóstico, se propone un plan de intervención integral que incluye el reforzamiento estructural en los elementos que presentan deficiencias en su capacidad portante y reparación de las patologías detectadas en los elementos constructivos con el fin de recuperar la funcionalidad y estética de los elementos afectados.

La implementación de estas medidas permitirá adecuar la estructura a las nuevas exigencias de uso, garantizando su seguridad y durabilidad a largo plazo. Además, se presentan recomendaciones para el mantenimiento de la estructura una vez ejecutadas las obras de reparación y de refuerzos estructurales.

Palabras clave: patologías de la construcción, cambios de uso de las edificaciones, estructuras de ocupación especial, Ferroskan, núcleos de concreto, carbonatación.

ABSTRACT

This study presents a comprehensive evaluation of the structural state of the building located on Carrera 6 #12-32 in Madrid - Cundinamarca, in order to determine its suitability for a new use as a "Special Occupation Structure". Through an inspection, analysis of historical documentation and laboratory tests, existing pathologies in the structure were identified, such as humidity, leaks, changes in sections of the structure and spatial alterations.

Subsequently, a structural analysis was carried out using the Etabs 18 software and considering the guidelines established in the Colombian Earthquake Resistant Construction Regulations (NSR-10). This analysis allowed us to evaluate the load-bearing capacity of the structure in the face of the new loads imposed by the change of use and determine the most vulnerable areas.

As a result of this study, a precise diagnosis of the current state of the structure has been prepared, identifying the causes of the pathologies and quantifying their impact on the safety and habitability of the building. Based on this diagnosis, a comprehensive intervention plan is proposed that includes structural reinforcement in the elements that present deficiencies in their load-bearing capacity and repair of the pathologies detected in the construction elements in order to recover the functionality and aesthetics of the elements. affected.

The implementation of these measures will allow the structure to be adapted to the new demands of use, guaranteeing its safety and long-term durability. In addition, recommendations are presented for the maintenance of the structure once the repair and structural reinforcement works have been carried out.

Keywords: construction pathologies, changes in use of buildings, special occupation structures, Ferrosan, concrete cores, carbonation.

INTRODUCCIÓN

El presente informe detalla el estudio patológico para el predio ubicado en la Carrera 6 #12-32 del municipio de Madrid, una edificación concebida inicialmente para ser de uso residencial o comercial y que para el presente estudio se pretende dar un uso como “Estructuras de Ocupación Especial” (Grupo de uso II) dentro del marco normativo de la NSR-10. La edificación, cuenta con aproximadamente 12 años de antigüedad.

El estudio abarca una revisión de los factores técnicos que influyeron en la concepción de la estructura, incluyendo aspectos de diseño, construcción y posibles deterioros durante su vida útil. Para tal fin, se realizó un levantamiento geométrico y estructural, junto con una investigación documental sobre la historia constructiva del predio.

El levantamiento se enfocó en determinar el sistema estructural empleado, su estado de conservación actual y la presencia de fallas que pudieran afectar la estabilidad de la estructura. Se identificaron las lesiones patológicas presentes y se realizó su respectiva calificación. Con base en la información obtenida, los resultados de los ensayos realizados y el análisis de los datos, se elaboró un diagnóstico del estado actual de la estructura.

Para evaluar la capacidad estructural de la edificación frente a las nuevas exigencias de uso, se aplicaron los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10 – Títulos A, B, C y H). Estos parámetros mínimos de evaluación sirvieron como base para el análisis sísmico, el cual se llevó a cabo utilizando el método de la Fuerza Horizontal Equivalente, Análisis Dinámico y modelado en el Software Etabs 18.

En base a los resultados del estudio patológico y el análisis sísmico, se presentará una propuesta de intervención integral que garantice la seguridad y habitabilidad de la edificación para su nuevo uso como "Estructuras de Ocupación Especial". La propuesta incluirá las medidas de reforzamiento estructural necesarias, así como las recomendaciones para su implementación y seguimiento.

1. JUSTIFICACIÓN

Ante la puesta en marcha de la nueva sede de la IPS SURA en Madrid – Cundinamarca, se hace necesario realizar un estudio patológico de la edificación que permitirá identificar y evaluar los daños estructurales existentes, así como las vulnerabilidades sísmicas de la edificación. A partir de este diagnóstico, se propondrán las intervenciones necesarias para acondicionar la estructura y adaptarla a las exigencias de una 'Estructura de Ocupación Especial', garantizando la seguridad y habitabilidad del inmueble para su nuevo uso como sede de servicios de salud.

El presente estudio patológico se considera de vital importancia en el ámbito social para el municipio de Madrid, Cundinamarca. La apertura de una nueva sede de la EPS SURA en este municipio permitiría a los usuarios de la entidad acceder a una atención médica más rápida, cercana y de calidad, sin la necesidad de desplazarse a Bogotá o Facatativá, como sucede actualmente.

2. PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo garantizar la seguridad estructural y la funcionalidad de una edificación con uso comercial ubicada en el municipio de Madrid, Cundinamarca, para adaptarla al uso de “Estructuras de Ocupación Especial” como sede de la EPS SURA, cumpliendo con los requerimientos normativos y bienestar de los usuarios?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Elaborar el estudio patológico de la sede IPS SURA – MADRID, por medio de un diagnóstico que identifique los daños, lesiones y vulnerabilidad sísmica, para dar concepto sobre los procesos de corrección a la infraestructura existente y acondicionamiento de la edificación en su estructura y arquitectura, que garantice el tipo cambio de uso de la

edificación.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento y diagnóstico de la edificación para evaluar su estado actual, identificar patologías y determinar su aptitud para el nuevo uso.
- Realizar los ensayos de laboratorio y pruebas de campo necesarios para complementar la evaluación del estado de la estructura.
- Formular una propuesta de intervención integral que garantice la seguridad y habitabilidad de la edificación para su nuevo uso, incluyendo las medidas de reforzamiento estructural necesarias para atender las patologías encontradas y las recomendaciones para su implementación y seguimiento.

4. BASES TEORICAS Y DEFINICIONES CONCEPTUALES

4.1. Antecedentes

La necesidad de adaptar edificaciones existentes a nuevos usos es un desafío cada vez más común en el sector de la construcción. "...Este proceso, en cuanto a sustentabilidad, cosecha el beneficio de la energía incorporada en el edificio, evitando demoliciones prematuras y alargando el ciclo de vida de la construcción y materiales..." (Bullen, 2011). En el caso particular del edificio ubicado en la Carrera 6 #12-32 de Madrid, Cundinamarca, ha surgido la necesidad de adecuarlo para que funcione una nueva sede de la EPS SURA.

Es fundamental evaluar el estado actual de la estructura, identificar posibles patologías y determinar si es capaz de soportar las nuevas cargas y usos a los que será sometida. En este sentido, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) establece los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones, especialmente aquellas destinadas a "Estructuras de Ocupación Especial".

"...En la industria de la construcción, por su naturaleza, no es posible determinar un protocolo específico para cada proceso; la variabilidad en las características de los proyectos, hace que éstos sean generalmente únicos..." (Navarro Mora, 2014).

En este sentido, mediante un enfoque descriptivo y evaluativo, el presente estudio analiza las patologías de la edificación y propone una metodología de intervención para adecuarla a su nuevo uso.

4.2. Glosario

El éxito de un estudio de patología depende en gran medida de la comprensión de conceptos clave. Estos conceptos sirven como marco de referencia para el análisis y la evaluación de las patologías. A continuación, se presentan algunos de estos conceptos clave:

- **Patología constructiva de la edificación:** Según Broto I Comerma (2007), la patología constructiva es la rama de la ciencia encargada de estudiar los problemas y daños que afectan a los edificios o a sus componentes después de su construcción. Estos problemas pueden incluir defectos, deterioros o fallas en los materiales y estructuras, que surgen durante el uso y el paso del tiempo.
- **Proceso patológico:** De acuerdo con Broto I Comerma (2007), el proceso patológico en la construcción se refiere al conjunto de etapas que comprenden un problema constructivo. Este proceso incluye la identificación de su origen, las causas que lo generan, su evolución a lo largo del tiempo, los síntomas que presenta y su estado actual. Cada uno de estos aspectos es esencial para comprender el problema constructivo y abordarlo de manera efectiva.
- **Lesión:** Según Broto I Comerma (2007), las lesiones son las manifestaciones visibles o detectables de un problema constructivo, es decir, los síntomas finales de un proceso patológico. Estas lesiones se clasifican en tres grandes categorías, basadas en el tipo de proceso patológico que las origina: físicas, mecánicas y químicas.
- **Lesión física:** Según Broto I Comerma (2007), las lesiones físicas son aquellas en las que el daño constructivo se origina debido a fenómenos físicos, como las variaciones de temperatura, humedad o movimientos estructurales. La evolución de estas lesiones está estrechamente vinculada a estos procesos físicos que las causan y afectan.

- **Lesión mecánica:** Según Broto I Comerma (2007), las lesiones mecánicas son aquellas en las que un factor mecánico, como movimientos estructurales, desgaste o esfuerzos externos, provoca daños en los materiales o elementos constructivos, generando aberturas, separaciones o deformaciones.
- **Lesión química:** Según Broto I Comerma (2007), las lesiones mecánicas son aquellas en las que un factor mecánico, como movimientos estructurales, desgaste o esfuerzos externos, provoca daños en los materiales o elementos constructivos, generando aberturas, separaciones o deformaciones.

4.3. Marco Normativo

El presente informe se desarrolla dentro del marco normativo definido por las siguientes regulaciones y estándares:

- **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10):** El NSR-10 establece los requisitos mínimos para el diseño, construcción y evaluación de edificaciones en Colombia, incluyendo las denominadas "Estructuras de Ocupación Especial". Su objetivo principal es garantizar la seguridad de las estructuras frente a eventos sísmicos. Entre los apartados más relevantes para este estudio se destacan:
 - **Título A:** Generalidades, definiciones y criterios básicos de diseño.
 - **Título B:** Requisitos para edificaciones de concreto reforzado.
 - **Título C:** Requisitos para edificaciones de acero estructural.
 - **Título H:** Evaluación y rehabilitación de edificaciones existentes.
- **Normas Técnicas Colombianas (NTC):** Se incluyen estándares nacionales complementarios para el diseño, construcción y ensayos no destructivos, tales como:
 - **NTC 4021:** Inspección y diagnóstico de estructuras.
 - **NTC 3653:** Método de ensayo para extracción y prueba de núcleos de concreto.
 - **NTC 673:** Método de ensayo para resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
- **Normas ASTM (American Society for Testing and Materials):** Las normas ASTM son empleadas para los ensayos materiales y análisis de componentes estructurales, tales como:
 - **ASTM A615:** Especificación estándar para barras de refuerzo de acero al carbono.

- **Normas ACI (American Concrete Institute):** se emplean como guías técnicas y regulatorias en la industria del concreto y la ingeniería estructural. Estas normas son fundamentales para garantizar la seguridad, calidad, durabilidad y desempeño de las estructuras de concreto, tales como:
 - **ACI 116R-00:** Terminología del cemento y del concreto.
- **Software de Modelado y Análisis Estructural (Etabs 18):** El modelado y análisis sísmico de la estructura se realizó conforme a los lineamientos técnicos especificados en la NSR-10, empleando métodos como:
 - **Método de Fuerza Horizontal Equivalente.**
 - **Análisis Dinámico Modal y Espectral.**

5. METODOLOGÍA

5.1. Diseño de Investigación

El presente estudio, de carácter **descriptivo y evaluativo**, tuvo como objetivo principal describir detalladamente el estado actual de la edificación, identificar las patologías existentes y evaluar su capacidad para soportar las nuevas cargas asociadas a su uso como "Estructura de Ocupación Especial". La metodología aplicada se desarrolló mediante un enfoque sistemático estructurado en las siguientes etapas:

- **Recopilación de información:** Se analizó la documentación disponible sobre la edificación, incluyendo:

- Planos originales.
- Memorias de cálculo.
- Permisos de construcción.
- Informes de inspecciones previas.

Adicionalmente, se indagó sobre el historial de la edificación, considerando su uso original, modificaciones realizadas, posibles daños o deterioros previos, y cualquier otra información relevante para el diagnóstico estructural.

- **Inspección y evaluación del estado actual:** Se ejecutó una inspección exhaustiva de la edificación para evaluar:

- Los elementos estructurales, materiales y sistemas constructivos.
- El estado de conservación y la presencia de patologías visibles.

Durante esta etapa se realizaron:

- **Pruebas no destructivas (PND):**
 - **Ferroskan:** Se utilizó un escáner de detección de refuerzos para determinar la ubicación, cantidad y distribución de las barras de acero en los elementos de concreto reforzado.

Además, se midió el espesor del recubrimiento del concreto y se

identificaron posibles zonas con corrosión incipiente en el acero de refuerzo.

- **Pruebas destructivas (PD):**

- **Auscultación de la cimentación:** Se realizaron excavaciones manuales controladas para exponer la fundación de la edificación. Estas excavaciones permitieron medir las dimensiones de la cimentación, evaluar su configuración, y verificar su estado físico, identificando posibles deterioros o irregularidades.

- **Extracción de núcleos:** Se extrajeron núcleos cilíndricos de concreto de diferentes elementos estructurales (columnas y vigas) para evaluar su resistencia a la compresión, densidad y homogeneidad.

Los ensayos de laboratorio realizados a los núcleos permitieron obtener valores precisos sobre la calidad y las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

- **Ensayo de carbonatación:** En las superficies de los núcleos extraídos, se aplicó una solución de fenolftaleína para medir la profundidad de la carbonatación.

Este ensayo permitió identificar el grado de penetración del dióxido de carbono en el concreto, una indicación clave de la pérdida de alcalinidad y el riesgo de corrosión del acero de refuerzo.

- **Análisis estructural y estudio de vulnerabilidad sísmica:** Se elaboró un modelo computacional detallado de la edificación para simular su comportamiento ante diferentes cargas y condiciones. Este análisis incluyó:

- Evaluación de la capacidad portante, rigidez, ductilidad y comportamiento sísmico de la estructura.

- Identificación de vulnerabilidades sísmicas.
- Propuesta de medidas para mitigar dichas vulnerabilidades.
- **Diseño de intervención técnica:** Con base en los resultados del análisis estructural y el estudio de vulnerabilidad sísmica, se definieron las medidas necesarias para reforzar la estructura y garantizar su seguridad y habitabilidad en su nuevo uso. Esta etapa incluyó:
 - Elaboración de planos y especificaciones técnicas.
 - Detalle de las intervenciones necesarias, indicando materiales, procedimientos y requerimientos para su ejecución.
- **Elaboración del informe final:** Se documentó todo el proceso desarrollado en el estudio patológico, presentando:
 - Los resultados obtenidos en cada etapa.
 - Las conclusiones derivadas del análisis.
 - Las recomendaciones finales para la implementación de las intervenciones propuestas.

6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se enfoca en la evaluación estructural completa de la edificación ubicada en la Carrera 6 #12-32 del municipio de Madrid, Cundinamarca. El objetivo principal es realizar el estudio patológico integral que abarca el análisis de su estado actual, comportamiento sísmico y las exigencias del nuevo uso previsto como "Estructuras de Ocupación Especial" (Grupo de uso II) según la normativa NSR-10, considerando su estado actual, comportamiento sísmico y las exigencias del nuevo uso previsto. (*Ver Anexo 1 – Ficha de Información General del Paciente P1 INFO*)

- **Descripción de la Edificación:**

- **Sistema Estructural:**

Cimentación: Zapatas aisladas unidas con vigas de cimentación.

Estructura principal: Columnas y Vigas perimetrales de concreto reforzado de 21 MPa y acero de refuerzo F_y de 420 MPa.

Entrepisos: Losas de concreto de 21 MPa sobre lámina de Steel deck grado 40.

Muros: Muros internos de mampostería en ladrillo sucio horizontal con acabado en revoque y pintura. Cerramiento exterior de mampostería en ladrillo sucio horizontal y ventanería en vidrio y aluminio.

- **Dimensiones:** La edificación cuenta con 4 niveles más un altillo, distribuidos así:

Tabla 1 Cuadro de áreas existentes en la edificación

NIVEL	USO ACTUAL	AREA (m2)
PISO 1	COMERCIO	259,27
PISO 2	COMERCIO	305,46
PISO 3	COMERCIO	305,46
PISO 4	COMERCIO	263,55
ALTILLO	BODEGA ARCHIVO	118,6
CUBIERTA		
AREA TOTAL CONSTRUIDA		1252,33

- **Edad:** Aproximadamente 12 años de antigüedad.
- **Estado Actual:** La inspección visual inicial no evidencia lesiones que indiquen afectaciones graves en la estructura.
- **Contexto Urbano y Normativo:**
 - **Zona Sísmica:** La edificación se encuentra ubicada en zona de amenaza sísmica intermedia, según la NSR-10.
 - **Nuevo Uso:** El predio se destinará al grupo de uso II, catalogado como "Estructuras de Ocupación Especial", lo cual implica mayores exigencias estructurales en comparación con su uso original.
 - **Normativa Aplicable:** El estudio se basa en la normativa colombiana de construcción sismo resistente NSR-10 (Títulos A, B, C y H), considerando los parámetros mínimos de evaluación para las estructuras que requieren de un reforzamiento estructural.
- **Disponibilidad de Información:**
 - **Planos y Memorias del inmueble:** El propietario del inmueble no dispone de los planos originales ni de las memorias de cálculo. Se realizó una solicitud formal a la Secretaría de Planeación para obtener estos documentos, pero no se obtuvo respuesta favorable. Asimismo, no se cuenta con registros de mantenimiento ni de intervenciones previas realizadas en el inmueble.

6.1. Localización

La estructura está situada sobre las coordenadas (4.7350868339211525, -74.25926414627618) situado sobre el municipio de Madrid, departamento de Cundinamarca.

Figura 1 Localización caso de estudio – IPS SURA MADRID.



Nota: Localización IPS SURA MADRID. Google Maps, 2024.

7. HISTORIA CLINICA

La historia clínica de una edificación constituye un registro detallado de su evolución a lo largo del tiempo, recopilando información sobre su diseño original, materiales, sistemas constructivos, modificaciones, condiciones actuales y posibles patologías. Este enfoque permite analizar la estructura desde una perspectiva integral, identificando factores que pueden haber afectado su desempeño y durabilidad.

En este capítulo, se presenta la historia clínica del inmueble en estudio. Este análisis incluye un recorrido por los antecedentes del edificio, su uso inicial y actual, las intervenciones realizadas, y las condiciones observadas durante el levantamiento de información.

El objetivo principal es establecer un diagnóstico que permita comprender las causas de las patologías presentes y evaluar su impacto sobre la seguridad y funcionalidad de la estructura. Para ello, se integraron los resultados de inspecciones visuales, auscultación de la cimentación, levantamiento del acero de refuerzo y ensayos de materiales. Además, se identificaron las deficiencias documentales, como la ausencia de planos y registros de mantenimiento, que representan un desafío para la evaluación.

7.1. Levantamiento Topográfico de la Edificación Existente:

El levantamiento topográfico constituye una de las etapas fundamentales en la recopilación de información técnica para la evaluación de una edificación. Este procedimiento permite obtener una representación precisa de las dimensiones, niveles y geometría del inmueble, sirviendo como base para el análisis estructural y la modelación computacional.

En el caso, se utilizó equipo especializado de topografía de alta precisión para realizar el levantamiento. Este proceso incluyó:

- **Registro de dimensiones:** Se midieron todas las dimensiones relevantes de la estructura, incluyendo la longitud, el ancho y la altura de los elementos principales (muros, columnas, vigas y losas).

- **Determinación de niveles:** Se verificaron los niveles de piso, los desniveles existentes, y las diferencias en alturas entre los diferentes espacios de la edificación.
- **Generación de planos actualizados:** Con los datos obtenidos, se elaboraron planos digitales que reflejan la condición geométrica actual de la edificación.
Para mayor detalle, los planos levantados durante el estudio topográfico se presentan en el Anexo 2.

7.2. Levantamiento de Lesiones y Sintomatología

Tras realizar la inspección visual de la edificación, se identificaron diversas lesiones en diferentes elementos estructurales y no estructurales. A continuación, se detallan los hallazgos:

- **Muros de fachada:** En los muros de la fachada occidental de los pisos 2 y 3 se presentan lesiones físicas de orden primario, específicamente humedad de obra causada por agentes atmosféricos como lluvia y contaminación.
Se evidenció pérdida del mortero de pega en la mampostería, atribuible a la falta de recubrimiento e impermeabilización de la culata. Esta lesión tiene una causa directa asociada a deficiencias en el diseño y construcción.
- **Muros internos:** Los muros internos de la fachada occidental en los pisos 2 y 3 presentan lesiones físicas de orden secundario moderado, consistentes en humedad por filtración.

Estas filtraciones son producto del ingreso de agua lluvia a través de las juntas de mampostería, debido a la ausencia de recubrimiento e impermeabilización de la culata. La lesión también se atribuye a una causa directa.

En el primer nivel, el muro ubicado sobre el eje 4, entre los ejes B y C, presenta grietas por carga, una lesión de tipo mecánica de orden secundario. Esta lesión,

originada por un cambio de sección en la estructura (lesión primaria), tiene como causa directa un proceso constructivo deficiente y falta de supervisión técnica adecuada.

- **Cielo raso del cuarto nivel:** En el cielo raso del cuarto nivel se detectó una lesión física de orden secundario moderado, consistente en humedad por filtración de agua lluvia.

Este problema se debe a dilataciones y al deterioro de la placa, ocasionados por la falta de mantenimiento e impermeabilización de la cubierta. La lesión se clasifica como de causa indirecta.

- **Vigas estructurales:** En los pisos 1 al 5, las vigas perimetrales A1, G1, A4, D4, G4, y en el piso 5, la viga H4, presentan lesiones de tipo antropogénico de orden primario, causadas por cambios en la sección de la estructura.

Estas alteraciones se originaron debido a la instalación de un sistema de aguas lluvias que afectó las secciones de las vigas. La lesión se atribuye a un proceso constructivo deficiente y a la falta de supervisión adecuada (causa indirecta).

- **Ménsulas de apoyo de las losas de entrepiso:** En los pisos 1 al 5, las ménsulas ubicadas en A1, G1, A4, D4 y G4 presentan lesiones de tipo antropogénico de orden primario. Estas lesiones consisten en una alteración espacial derivada de la ausencia de construcción de las ménsulas necesarias para el soporte de las vigas principales.

Este problema, que afecta el soporte eficiente de las vigas principales EM, es resultado de un proceso constructivo y una supervisión técnica deficientes (causa indirecta).

Para mayor detalle, consultar el Anexo 3 – Fichas de Calificación: Diagnóstico del Paciente.

7.3. Ensayos Destructivos y No Destructivos

Tras el análisis preliminar basado en la inspección visual de la estructura existente, se llevaron a cabo una serie de ensayos destructivos y no destructivos con el objetivo de obtener una evaluación más detallada de las condiciones estructurales, materiales y desempeño. Estos ensayos permitieron complementar la información visual y validar el estado real de los elementos evaluados, identificando deficiencias y características críticas en el concreto y los refuerzos. *Para mayor detalle, consultar el Anexo 4 – Fichas de Inspección Ensayos No Destructivos Y Destructivos.*

Ensayos realizados:

- **Ferrosan:** Se llevó a cabo la detección, localización y análisis de las barras de acero embebidas en el hormigón de las columnas, vigas y ménsulas de la edificación, obteniendo los siguientes hallazgos:

Tabla 2 Resultados Ferrosan

ELEMENTO	HALLAZGOS
Ménsula P3	- El recubrimiento medido está dentro de valores adecuados para garantizar la protección del acero de refuerzo frente a agentes externos, como la corrosión. - Los resultados indican que el refuerzo de esta ménsula presenta un recubrimiento uniforme y suficiente según las normativas habituales, lo que asegura su durabilidad. - La distribución de las barras cumple con las expectativas para una ménsula, sin evidencias de ausencias o defectos críticos en la geometría del refuerzo.
Viga P3	- El recubrimiento promedio cumple con los estándares normativos típicos para la protección del acero frente a la corrosión, especialmente en ambientes moderados. - La distribución de las barras es consistente y adecuada para una viga de este tipo, sin anomalías críticas detectadas. - El recubrimiento mínimo detectado (47 mm en dirección X) está ligeramente por debajo del estándar recomendado en estructuras sometidas a ambientes agresivos o altas demandas sísmicas, por lo que puede requerir atención.
Ménsula P2 (1)	- En la dirección X, el recubrimiento promedio (26.3 mm) y el mínimo (19 mm) son insuficientes para garantizar una adecuada protección contra la corrosión, especialmente en ambientes agresivos. - En la dirección Y, los valores promedio (40.5 mm) son adecuados, pero la variabilidad y el mínimo registrado (31 mm) podrían ser un área de preocupación en condiciones ambientales adversas. - La disposición es adecuada en cuanto a geometría, pero la insuficiencia en el recubrimiento mínimo podría comprometer la durabilidad del refuerzo.

Ménsula P2 (2)	- Los valores promedio de recubrimiento están dentro de los rangos aceptables para garantizar la protección del acero frente a agentes externos, como humedad o corrosión. - La disposición de las barras es geométricamente adecuada y no muestra irregularidades significativas. - Protección suficiente: Aunque el valor mínimo en dirección X es el más bajo (42 mm), se encuentra dentro de valores aceptables para estructuras en ambientes moderados, pero debe monitorearse en el tiempo.
Columna P3 (1)	- Aunque los valores promedio de recubrimiento están dentro de los rangos mínimos requeridos para protección, el recubrimiento mínimo de 24 mm en la dirección Y puede ser insuficiente en ambientes agresivos, lo que podría comprometer la protección del acero frente a la corrosión. - La distribución de las barras es consistente y adecuada para un elemento estructural como esta columna, sin anomalías geométricas relevantes.
Columna P3 (2)	- La disposición del refuerzo es adecuada para un elemento estructural como esta columna, con una distribución geométrica uniforme y sin irregularidades significativas. - Cobertura suficiente: Los valores promedio y máximos de recubrimiento proporcionan una buena protección al acero de refuerzo, lo que es positivo para la durabilidad de la columna. - Variaciones menores: La variabilidad en la dirección Y (desviación estándar de 7.8 mm) y el recubrimiento mínimo de 36 mm deben monitorearse para garantizar la protección continua del refuerzo.
Columna P3 (3)	- La distribución es geométricamente adecuada y consistente, sin irregularidades significativas en la disposición del refuerzo. - Cobertura adecuada con excepciones: El recubrimiento promedio cumple con los requisitos mínimos normativos en la mayoría de las zonas, aunque el valor mínimo de 28 mm en la dirección Y representa un área de atención que podría requerir medidas adicionales. - Uniformidad aceptable: Los valores de desviación estándar reflejan una colocación uniforme del concreto alrededor del refuerzo en ambas direcciones.
Columna P2 (1)	- La disposición del refuerzo es consistente y adecuada para una columna, sin anomalías geométricas significativas. - Cobertura adecuada y uniforme: Los valores de recubrimiento, tanto promedio como mínimo, son satisfactorios para garantizar la protección del refuerzo en condiciones normales y moderadamente agresivas. - Desempeño esperado positivo: La uniformidad observada en ambos ejes sugiere que no existen zonas críticas que puedan requerir atención inmediata.
Columna P2 (2)	- La disposición del refuerzo es geométricamente adecuada y consistente, sin anomalías significativas en la distribución. - Cobertura adecuada: El recubrimiento promedio y mínimo es suficiente para garantizar la protección del acero de refuerzo bajo condiciones ambientales normales y moderadas. - Uniformidad aceptable: La baja desviación estándar indica una buena colocación del concreto, reduciendo la probabilidad de zonas vulnerables en el recubrimiento.
Columna P2 (3):	- La distribución del refuerzo es geométricamente consistente y adecuada para un elemento estructural como esta columna.- El recubrimiento promedio es adecuado, aunque el valor mínimo detectado (38 mm en dirección Y) podría requerir atención en condiciones ambientales agresivas.- La desviación estándar baja en ambas direcciones indica una buena uniformidad en la colocación del concreto.

Columna P2 (4)	- La distribución del refuerzo es consistente y adecuada para la función estructural de la columna. - Cobertura insuficiente en puntos críticos: Los valores mínimos de recubrimiento (34 mm en dirección X y 26 mm en dirección Y) pueden comprometer la durabilidad del acero de refuerzo en condiciones ambientales adversas. - Uniformidad razonable: La desviación estándar baja en la dirección X refleja una colocación uniforme, pero la mayor variabilidad en la dirección Y requiere atención para evitar problemas futuros.
Columna P1 (1)	- La disposición del refuerzo es consistente y adecuada para el elemento estructural, sin anomalías relevantes en la distribución. - Cobertura uniforme y adecuada: Los valores de recubrimiento promedio y mínimo son satisfactorios y cumplen con los requisitos normativos. - Protección confiable: La distribución y cobertura del refuerzo aseguran una buena protección contra la corrosión, lo que contribuye a la durabilidad del elemento estructural.
Columna P1 (2)	- La distribución de las barras es geométricamente correcta y adecuada para el funcionamiento estructural de la columna. - Cobertura suficiente y uniforme: Los valores de recubrimiento promedio y mínimo son satisfactorios y ofrecen una adecuada protección frente a la corrosión en condiciones ambientales normales. - Buena uniformidad: La baja desviación estándar sugiere un control adecuado en la ejecución del concreto.
Columna P1 (3)	- La distribución del refuerzo es consistente y adecuada para las demandas estructurales de la columna. - Cobertura uniforme y adecuada: Los valores promedio y mínimos proporcionan una protección adecuada del acero de refuerzo contra agentes externos, como humedad y corrosión. - Protección confiable: Los resultados reflejan una distribución del refuerzo que cumple con las expectativas para el desempeño estructural.
Columna P1 (4)	- La disposición de las barras es consistente y apropiada para la funcionalidad estructural de la columna. - Protección adecuada: Los valores de recubrimiento mínimo y promedio reflejan una protección confiable del acero de refuerzo frente a la corrosión. - Buena uniformidad: La baja desviación estándar indica un control adecuado en la ejecución del concreto.

Con base en los resultados previamente obtenidos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- **Recubrimiento del Refuerzo:**

- Promedios generales: La mayoría de los elementos evaluados presentan recubrimientos promedio que oscilan entre 36 mm y 70 mm, siendo adecuados en la mayoría de los casos para garantizar la protección del acero de refuerzo frente a condiciones ambientales normales.
- Valores mínimos detectados: En algunos casos, se registraron

recubrimientos mínimos críticos, como 26 mm en dirección Y (Columna P2), lo cual puede ser insuficiente en condiciones agresivas, aumentando el riesgo de corrosión. Sin embargo, la mayoría de los valores mínimos oscilaron entre 34 mm y 60 mm, cumpliendo con requisitos básicos de protección.

- **Uniformidad del Recubrimiento:**

- Los resultados muestran una uniformidad adecuada en los recubrimientos, con desviaciones estándar bajas, especialmente en columnas clave como P1 y P3.
- Las columnas y vigas con desviaciones ligeramente mayores reflejan una variabilidad aceptable en la colocación del concreto.

- **Distribución del Refuerzo:**

- La disposición de las barras de refuerzo detectadas en todas las direcciones (X e Y) es consistente y cumple con las expectativas de diseño estructural, sin detectar anomalías graves en su distribución.
- El número de barras detectadas en los elementos coincide con los requerimientos típicos para su función estructural, asegurando su capacidad portante.

- **Cumplimiento Normativo:**

- Cumplimiento general: La mayoría de los elementos analizados cumplen con los parámetros de recubrimiento y disposición establecidos por la NSR-10 para condiciones estándar.
- Casos críticos: En los elementos donde el recubrimiento mínimo es insuficiente (por ejemplo, 26 mm en Columna P2), será necesario implementar medidas correctivas para garantizar la durabilidad del refuerzo, especialmente considerando que se trata de una estructura de ocupación

especial.

Para mayor detalle, consultar el Anexo 5 Imágenes de Ferroskan

- **Extracción de núcleos de concreto:** Con el objetivo de evaluar la calidad, resistencia y durabilidad del concreto utilizado en la edificación, se tomaron núcleos de concreto de columnas y vigas. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3 *Resultados Ensayos de Compresión a Núcleos Extraídos.*

Resistencia a la Compresión de Núcleos	
Elemento	(MPa)
Columna NC1-P1	7,4
Columna NC2-P2	9,3
Columna NC3-P3	7,2
Columna NC6-P1	18,2
Viga NV1-P3	12,3
Viga NV2-P3	12,2
Promedio	11,1

- **Variabilidad de la Resistencia:** Los resultados reflejan una alta variabilidad en la resistencia a la compresión de los núcleos, con valores que van desde 7.2 MPa (Columna NC3-P3) hasta 18.2 MPa (Columna NC6-P1). Esta dispersión sugiere inconsistencias en la calidad del concreto empleado o posibles problemas durante su colocación y curado.
- **Resistencias Críticas en Columnas:** Los núcleos extraídos de las columnas NC1-P1 (7.4 MPa), NC2-P2 (9.3 MPa) y NC3-P3 (7.2 MPa) presentan resistencias muy por debajo de los valores recomendados para elementos estructurales principales. Para edificaciones comunes, la NSR-10 establece que, para estructuras de ocupación especial, se requiere una resistencia aún mayor generalmente 21 MPa o más.

La baja resistencia de estas columnas pone en riesgo la capacidad de carga y la seguridad estructural.

- **Resistencias en Vigas:** Las vigas NV1-P3 (12.3 MPa) y NV2-P3 (12.2 MPa) presentan resistencias superiores a las columnas mencionadas, pero aún están por debajo del mínimo requerido por la NSR-10 para elementos sometidos a flexión. Estas vigas podrían experimentar problemas de capacidad estructural bajo cargas extremas, especialmente en condiciones sísmicas.
- **Promedio General:** El promedio general de resistencia a la compresión de los núcleos es de 11.1 MPa, significativamente inferior a los estándares requeridos por la NSR-10 para concreto estructural.
Este promedio refleja un problema generalizado en la calidad del concreto utilizado, lo que representa un riesgo para la estabilidad global de la estructura.

Para mayor detalle, consultar el Anexo 6 – Ensayos de Núcleos Extraídos.

- **Ensayo de carbonatación:** Para evaluar la profundidad de la capa de concreto afectada por la reacción química entre el hidróxido de calcio del concreto y el dióxido de carbono presente en la atmósfera, se realizó un ensayo de carbonatación sobre las muestras extraídas de núcleos de concreto. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4 Resultados Ensayo de Carbonatación.

ESTRUCTURA	RECUBRIMIENTO (cm)	PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN(cm)
NC1-P1	4	3
NC2-P2	4	4.8
NC3-P1	4	0
NV1-P3	4	3.5
NC2-P3	4	4.0
NC3-P1	4	3.9

- **Relación entre Recubrimiento y Carbonatación:** En todos los casos evaluados, el recubrimiento del concreto tiene un espesor uniforme de 4 cm.

La profundidad de carbonatación varía entre 0 cm (NC3-P1) y 4.8 cm (NC2-P2), mostrando que, en algunos puntos, la carbonatación ha avanzado significativamente, superando incluso el espesor del recubrimiento.

- **Casos Críticos:** En el punto NC2-P2, la profundidad de carbonatación es de 4.8 cm, lo que supera el recubrimiento disponible (4 cm). Esto implica que la carbonatación ha alcanzado el acero de refuerzo, comprometiendo su durabilidad y aumentando el riesgo de corrosión.

Los puntos NC2-P3 y NC3-P1 presentan profundidades de carbonatación de 4 cm y 3.9 cm, respectivamente, lo que significa que la carbonatación está muy cerca de alcanzar el acero de refuerzo.

- **Casos Moderados:** En los puntos NC1-P1 (3 cm) y NV1-P3 (3.5 cm), la carbonatación no ha alcanzado aún el acero, pero la proximidad al refuerzo indica un riesgo potencial si no se toman medidas preventivas.

- **Casos Favorables:** En el punto NC3-P1 (0 cm), no se detecta avance de la carbonatación, lo que refleja que el concreto en esta zona ofrece una buena protección al acero de refuerzo.

- **Riesgo Generalizado:** El resultado global muestra que, en la mayoría de los puntos, la profundidad de carbonatación está cercana o ha superado el recubrimiento, lo que indica una necesidad urgente de intervención, especialmente en los casos más críticos.

- **Auscultación de la cimentación:** Para verificar la geometría dispuesta en la cimentación de la estructura, se realizaron apiques, obteniendo las dimensiones

que se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5 Dimensiones de cimentación.

Elemento	Sección
Zapata 1	1,50m x 1,50m x 0,35m
Zapata 2	1,55m x 2,80m x 0,35m
Zapata 3	2,10m x 2,75m x 0,35m
Zapata 4	2,00m x 3,00m x 0,35m
Zapata 5	2,00m x 3,00m x 0,40m
Zapata 6	2,70m x 3,30m x 0,40m
Zapata 7	2,00m x 2,70m x 0,35m
Zapata 8	2,20m x 1,50m x 0,35m
Zapata 9	2,20m x 2,90m x 0,35m
Zapata 10	2,30m x 2,90m x 0,40m
Zapata 11	2,30m x 3,00m x 0,40m
Zapata 12	1,70m x 2,30m x 0,35m
Viga Cimentación Tipo	0,50m x 0,50m

Las zapatas más pequeñas (Zapatas 1, 8 y 12) pueden no cumplir con los requisitos mínimos si las cargas sobre estas son significativas o si la capacidad portante del suelo es baja. Se recomienda revisar en la modelación para garantizar que las dimensiones sean adecuadas.

El espesor de 0.35 m en la mayoría de las zapatas es insuficiente para una edificación de ocupación especial de acuerdo a los requisitos mínimos establecidos en la NSR-10. Se debe considerar aumentar el espesor a al menos 0.40 m o superior, dependiendo de los análisis de cargas y cortante.

- **Estudio de suelos:** Con el objetivo de evaluar las condiciones del subsuelo en la zona y determinar las características geomecánicas del suelo, se llevó a cabo un estudio de suelos para el proyecto. Este análisis fue fundamental para establecer la capacidad de carga admisible y proporcionar recomendaciones técnicas para la cimentación de la estructura, teniendo en cuenta su cambio de uso a una Estructura

de Ocupación Especial. *Los detalles completos del estudio se encuentran en el Anexo 7 – Estudio de Suelos.*

En dicho estudio se determinó:

- **Zona Sísmica:** El proyecto se encuentra ubicado en una zona sísmica intermedia, de acuerdo con la clasificación establecida por la NSR-10.
- **Perfil de suelo:** El suelo corresponde al tipo E, que incluye suelos blandos o de baja rigidez, lo cual debe ser considerado en el diseño estructural.
- **Parámetros Sísmicos:** Aa (Aceleración horizontal efectiva): 0.15 y Av (Aceleración vertical efectiva): 0.20. Estos valores indican las características de aceleración sísmica que deben ser consideradas en el análisis estructural y en el diseño de cimentación.
- **Profundidad de Cimentación:** La cimentación actual se encuentra a una profundidad de -1.10 m con respecto al nivel del terreno existente.
- **Capacidad Portante Admisible:** El estudio determinó una capacidad portante admisible del suelo (q_a) de 9.50 T/m², lo que establece el límite de carga que el suelo puede soportar sin fallar. Este valor será fundamental para dimensionar adecuadamente la cimentación de la estructura.

8. DIAGNOSTICO

Las estructuras de ocupación especial requieren un diagnóstico estructural riguroso para garantizar que cumplan con altos estándares de seguridad y desempeño bajo condiciones extremas, especialmente en zonas sísmicas. Este análisis es crucial para evitar daños en caso de eventos sísmicos, proteger a los ocupantes y prolongar la vida útil de la edificación. En este contexto, el presente capítulo integra los resultados de inspecciones visuales, ensayos destructivos y no destructivos, así como un modelado estructural detallado, para identificar deficiencias y definir las intervenciones necesarias.

8.1. Estudio de Vulnerabilidad

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el desempeño estructural bajo las exigencias de la NSR-10 debido al cambio de uso propuesto hacia una categoría de Estructura de Ocupación Especial. A continuación, se destacan los principales hallazgos del análisis:

- **Deficiencias ante cargas laterales:** La estructura presentó derivas excesivas en ambos ejes principales:

Eje X: Un porcentaje de deriva general del 6.44%, muy por encima del límite normativo del 1%.

Eje Y: Un porcentaje de deriva del 2.81%, también excediendo el límite permitido.

Estas derivas indican una insuficiencia en rigidez lateral, lo que hace a la estructura vulnerable ante eventos sísmicos.
- **Resistencia de los materiales:** Los ensayos de compresión sobre núcleos arrojaron una resistencia promedio de 11.1 MPa, inferior al mínimo requerido para edificaciones de ocupación especial. Los valores de resistencia indicaron inconsistencias en la calidad del concreto en ciertos elementos
- **Refuerzo en columnas y vigas:** Las columnas presentan deficiencias en el refuerzo longitudinal y transversal con índices de sobreesfuerzo entre 3.9 y 4.8, lo

que implica la necesidad de refuerzo. Las vigas también presentan acero insuficiente para las solicitaciones del proyecto.

- **Cimentación:** Las zapatas existentes no cumplen con algunos requisitos de diseño, como dimensiones mínimas y longitud de desarrollo de barras. Esto requiere un análisis más detallado y posibles modificaciones.
- **Conclusiones del Estudio de Vulnerabilidad:**
 - La estructura no cumple con los criterios de rigidez lateral, lo que implica un riesgo significativo de desplazamientos excesivos en caso de sismo. Se requiere implementar medidas de rigidización lateral, como la incorporación de muros de corte, contraventeos o refuerzos en los marcos existentes.
 - Aunque la edificación no presenta deterioros graves en sus elementos principales, requiere intervenciones estructurales en varios puntos para cumplir con los estándares sismorresistentes de la NSR-10, especialmente debido a su clasificación como estructura de ocupación especial.
 - Las columnas y vigas con índices de sobre esfuerzo elevados deben reforzarse para soportar las cargas requeridas. Esto podría incluir técnicas como encamisado con concreto de alta resistencia o el uso de fibras de carbono (FRP).
 - La baja resistencia del concreto plantea la necesidad de intervenciones correctivas, así como controles de calidad más rigurosos en las futuras obras de refuerzo.
 - Es indispensable verificar y rediseñar la cimentación para garantizar su capacidad de soportar las cargas derivadas del reforzamiento estructural y las nuevas condiciones de uso.

Para mayor detalle, consultar el Anexo 8 – Estudio de Vulnerabilidad Sísmica.

8.2. Diagnóstico General

La edificación analizada tiene una antigüedad aproximada de 12 años y no presenta deterioros o daños estructurales graves en sus elementos principales. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran áreas específicas que requieren intervención para asegurar el cumplimiento de los requisitos normativos y el desempeño adecuado ante condiciones de carga futuras.

- **Deficiencias Identificadas:**

- **Cargas laterales:** El modelado estructural evidenció una deficiencia en la rigidez lateral, lo que implica que la estructura es vulnerable a desplazamientos excesivos bajo eventos sísmicos. Esta condición debe ser atendida mediante refuerzos en la rigidez lateral, como la inclusión de muros estructurales, contraventeos, o el aumento de la rigidez en los marcos existentes.
- **Exposición a humedad:** Se identificaron áreas afectadas por humedad excesiva, las cuales requieren mantenimiento preventivo para evitar la degradación del concreto y el refuerzo.
- **Cumplimiento de la NSR-10:** A pesar de la estabilidad general de la edificación, los resultados indican que será necesario realizar intervenciones puntuales en elementos estructurales clave para garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos de diseño sismorresistente.
- **Importancia de las Intervenciones:** La ejecución de las intervenciones propuestas no solo garantizará el cumplimiento de la NSR-10, sino que también reducirá los riesgos asociados a eventos sísmicos, minimizando los costos de reparaciones futuras y asegurando la funcionalidad de la estructura en su nuevo uso.

9. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Para viabilizar el cambio de uso de la edificación, se implementa un plan integral de intervención que combina actividades correctivas, preventivas y de reforzamiento estructural. Estas acciones buscan garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos en la NSR-10, asegurando la seguridad y habitabilidad de la edificación en su nuevo uso como Estructura de Ocupación Especial (Grupo de uso II). Además, se incorpora un programa de mantenimiento en áreas críticas para prevenir el deterioro futuro, prolongando la vida útil del inmueble y minimizando riesgos estructurales y funcionales.

9.1. Tratamiento

9.1.1. Actividades de Mantenimiento

- **Muros de fachada:**
 - Se aplica un recubrimiento impermeabilizante utilizando mortero con aditivos como Sika Látex para mejorar adherencia y Sika 1A para impermeabilización.
 - En las culatas expuestas, se realiza un tratamiento impermeabilizante con Sika Igol Denso Plus, Sika Fil, o sistemas similares de protección contra la intemperie.
- **Muros internos:** Una vez solucionada la causa principal de la humedad, se retira el revestimiento existente, se realiza un revoque nuevo y se aplican acabados finales como estuco y pintura. Este tratamiento asegura una corrección efectiva de las áreas afectadas.
- **Cielo raso cuarto nivel:**
 - **Reparación de losa de cubierta:**
 - Se realiza un lavado profundo de la losa.
 - Se sellan fisuras con Sikaflex-1A I-Cure Plus o un producto similar.
 - Se construyen medias cañas perimetrales para facilitar el drenaje de aguas lluvias.

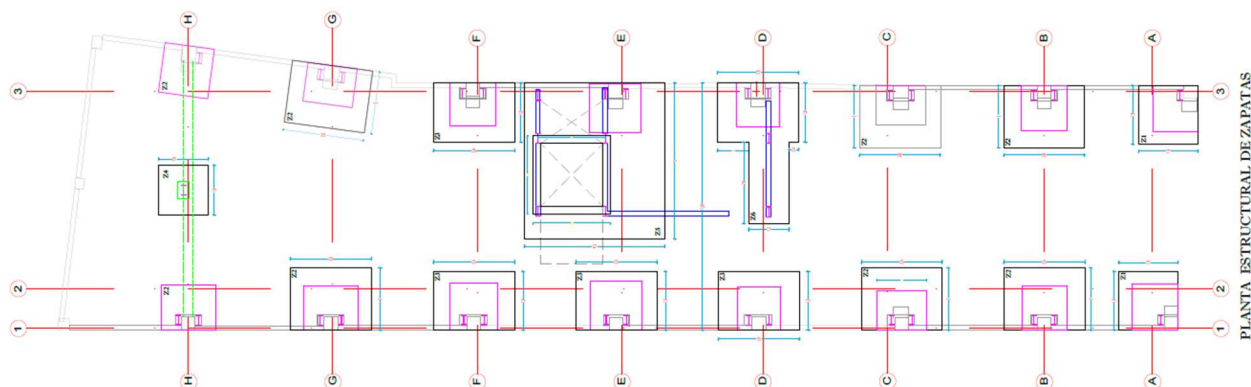
- Toda la cubierta se impermeabiliza con Sika Techo E u otro impermeabilizante equivalente.
- **Reemplazo del cielo raso:** Una vez corregidas las filtraciones, se retira el material existente, se repara la estructura y se aplica un nuevo acabado con estuco y pintura.

9.1.2. Actividades de Rehabilitación y Reforzamiento Estructural de la

Edificación:

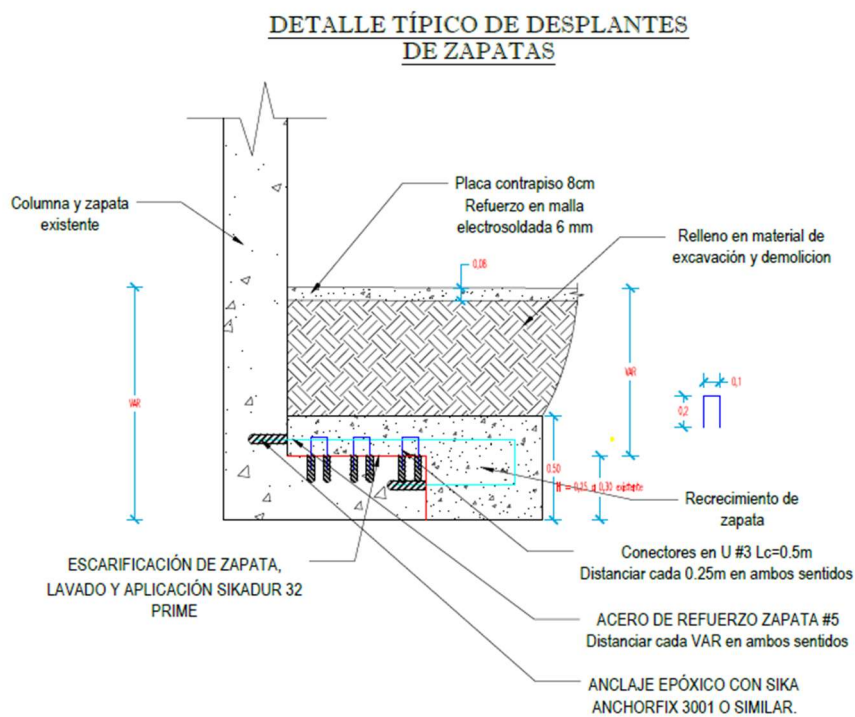
- **Zapatas, Columnas, Ménsulas y Vigas Estructurales:** El análisis de vulnerabilidad evidencia la necesidad de reforzar estructuralmente los elementos que no cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la NSR-10. Con base en los resultados del modelado estructural y las recomendaciones técnicas, se proponen las siguientes intervenciones:
 - **Refuerzo en la Cimentación:**
 - **Ampliación de zapatas:**
 - Se amplían las zapatas existentes con concreto reforzado de 210 kg/cm², utilizando Sikadur 32 como primer de adherencia.
 - Se realizan anclajes epóxicos con Sika Anchorfix 3001 y conectores en U para garantizar la unión entre el concreto existente y el nuevo.
 - Se incluye un detallado de desplante y dimensiones de zapatas (Ver Figuras 2 a 4).

Figura 2 Plano de reforzamiento estructural zapatas.



Nota: Amaury Andrés Urueta Mora. Plano de Reforzamiento estructural zapatas. [Plano] Sin Escala. 2023.

Figura 3 Plano de detalle típico de desplante de zapatas.

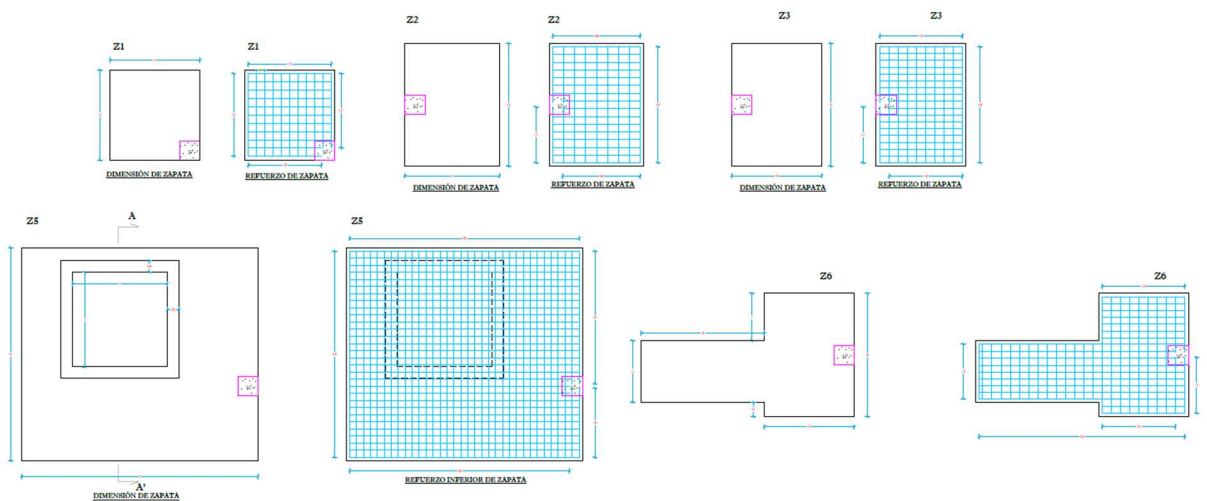


Nota: Amaury Andrés Urueta Mora. Plano de detalle típico de desplante de zapatas. [Plano] Sin Escala.

2023.

Figura 4 Plano de detalle dimensión de zapatas.

CUADRO DE ZAPATAS							
TIPO	DIMENSIONES (X-Y-h)			REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR	
		PARALELO A EJE X	PARALELO A EJE Y	DETALLE EN EJE X	DETALLE EN EJE Y	DETALLE EN EJE X	DETALLE EN EJE Y
Z1	2.0x2.0x0.50	13#5	13#5			N/A	N/A
Z2	2.0x2.6x0.50	17#5	12#5			N/A	N/A
Z3	2.1x2.6x0.50	17#5	12#5			N/A	N/A
Z4	1.6x1.6x0.45	9#4	9#4			N/A	N/A
Z5	4.5x5.0x0.70	34#5	30#5	Ver Detalle	Ver Detalle	N/A	N/A
Z6	H=0.45	Ver Detalle	Ver Detalle	Ver Detalle	Ver Detalle	N/A	N/A



Nota: Amaury Andrés Urueta Mora. Plano de detalle dimensión de zapatas. [Plano] Sin Escala. 2023.

Las memorias de cálculo estructural se pueden consultar el Anexo 9 – Memorias de Cálculo Estructural Cimentación.

- **Refuerzo en la Superestructura:**

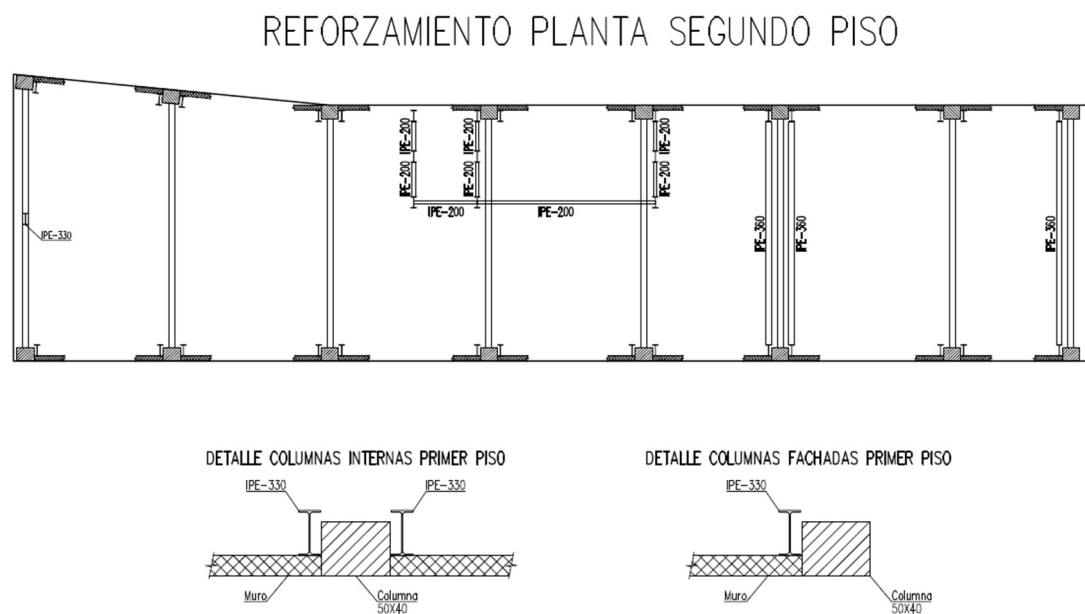
○ **Materiales a utilizar:**

- Concreto: La estructura existente presenta columnas con una resistencia de 150 kg/cm^2 , y se refuerza con concreto que cumple la norma NTC-2289.
- Refuerzo de acero: Todo el acero cumple con las normas ICONTEC y ASTM (NTC-2289, ASTM A572 Grado 50, ASTM A500 Grado C).
- Estructura metálica: Los elementos estructurales metálicos, como contraventeos laterales, vigas y columnas, cumplen con los estándares ASTM, garantizando resistencia y durabilidad.
- Muros divisorios: Se proponen muros livianos tipo drywall o similares para la división de espacios interiores.

○ **Detalles del reforzamiento estructural:**

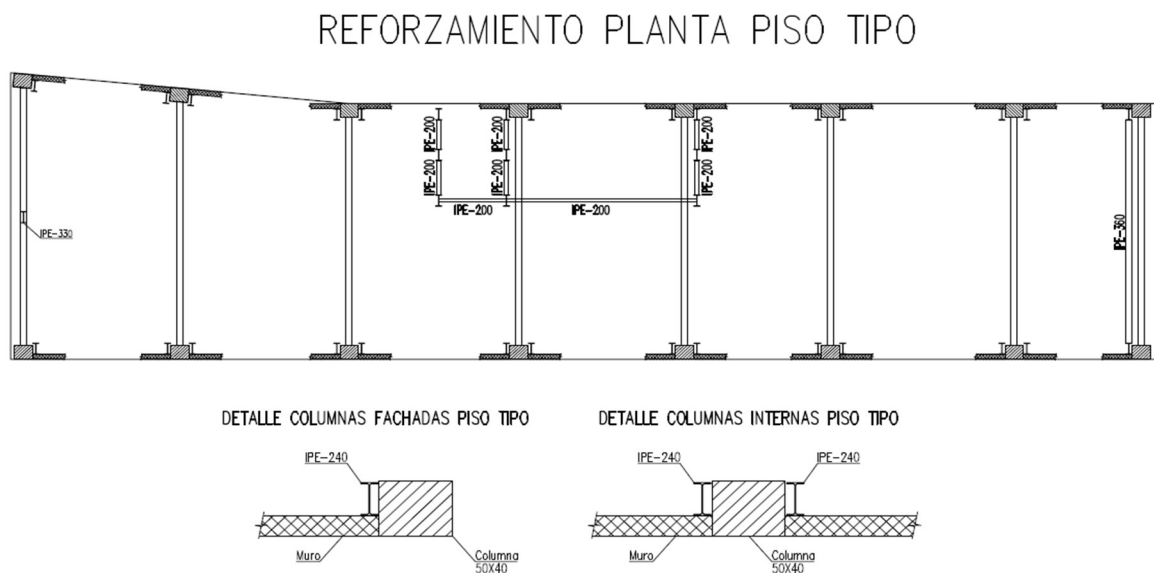
- Se integra un sistema de arriostramientos metálicos para aumentar la rigidez lateral.
- Los planos de reforzamiento incluyen las plantas de segundo piso, piso tipo y cubierta, con detalles específicos de diseño y materiales (Ver Figuras 5 a 7).

Figura 5 Plano de reforzamiento estructural segundo piso.



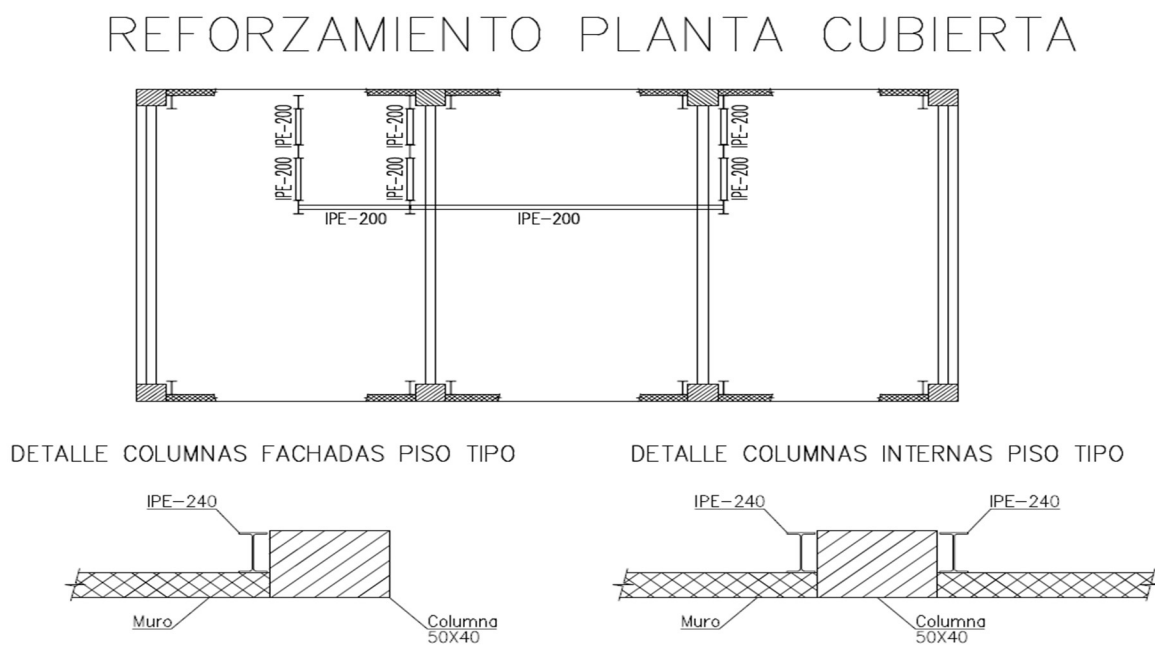
Nota: Luis Ricardo Romero. Plano de Reforzamiento Planta Segundo Piso. [Plano] Sin Escala. 2023.

Figura 6 Plano de reforzamiento estructural piso tipo.



Nota: Luis Ricardo Romero. Planta de Reforzamiento Piso Tipo. [Plano] Sin Escala. 2023.

Figura 7 Plano de reforzamiento estructural planta cubierta.



Nota: Luis Ricardo Romero. Planta de Reforzamiento Planta Cubierta. [Plano] Sin Escala. 2023

Las memorias de cálculo estructural se pueden consultar el Anexo 10 – Memorias de Calculo Estructural Estructura.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Estado Actual de la Edificación

- La edificación, con una antigüedad aproximada de 12 años, no presenta daños estructurales graves, pero evidencia deficiencias importantes que comprometen su desempeño bajo condiciones sísmicas y su capacidad de cumplir con los estándares de la NSR-10 para estructuras de ocupación especial.
- Las lesiones identificadas son tanto de origen mecánico (por carga o deformación) como físico (por humedad y falta de mantenimiento), con causas directas asociadas a deficiencias constructivas y falta de supervisión técnica.

10.2. Principales Patologías Detectadas

- **Muros de Fachada e Internos:**
 - Lesiones por humedad, filtraciones y pérdida de mortero en juntas, causadas por la ausencia de impermeabilización y recubrimiento adecuado.
 - Grietas por carga en muros del primer nivel, relacionadas con cambios de sección estructural y falta de diseño adecuado.
- **Cielo Raso del Cuarto Nivel:** Lesiones moderadas por filtraciones de agua lluvia, atribuibles a la falta de impermeabilización de la cubierta y el deterioro por dilataciones térmicas.
- **Vigas Estructurales:** Alteraciones en secciones debido a la instalación de sistemas de evacuación de aguas lluvias, clasificadas como lesiones de origen antropogénico por deficiencias constructivas.
- **Ménsulas de Apoyo:** Ausencia de ménsulas necesarias para el soporte eficiente de vigas principales, generando deficiencias funcionales y comprometiendo la

estabilidad de elementos estructurales clave.

10.3. Deficiencias de Materiales

- **Concreto:** Los ensayos de compresión reflejan resistencias a la compresión significativamente inferiores a las requeridas:
 - Promedio general: 11.1 MPa, cuando el mínimo normativo para estructuras de ocupación especial es superior a 21 MPa.
 - Alta variabilidad en la calidad del concreto, sugiriendo problemas de mezcla, colocación o curado.
- **Carbonatación:** La profundidad de carbonatación excede el recubrimiento en varios puntos (por ejemplo, NC2-P2: 4.8 cm), alcanzando el acero de refuerzo y aumentando el riesgo de corrosión.
- **Cimentación:** Las dimensiones y el espesor de varias zapatas (0.35 m) no cumplen con los mínimos establecidos en la NSR-10 para estructuras de ocupación especial. Esto compromete su capacidad de soportar cargas adicionales derivadas de refuerzos o nuevas condiciones de uso.

10.4. Vulnerabilidad Estructural

- **Deficiencias ante cargas laterales:** El modelado estructural mostró desplazamientos laterales excesivos (derivas de hasta 6.44% en el eje X, por encima del límite normativo del 1%). Esto indica una rigidez lateral insuficiente, aumentando el riesgo de inestabilidad en eventos sísmicos.
- **Refuerzo insuficiente:** Deficiencias en el refuerzo longitudinal y transversal de columnas y vigas, con índices de sobreesfuerzo entre 3.9 y 4.8, comprometen la capacidad de carga de estos elementos bajo condiciones extremas.

10.5. Impacto del Subsuelo

- El perfil de suelo tipo E (suelos blandos o de baja rigidez) y la ubicación en una zona sísmica intermedia aumentan las demandas estructurales. La cimentación actual no es adecuada para soportar las cargas derivadas de los refuerzos necesarios para cumplir con los requisitos normativos para estructuras de ocupación especial.

10.6. Causas de las Patologías

- Las patologías detectadas tienen su origen en múltiples factores:
 - Deficiencias constructivas: Cambios en secciones estructurales, ausencia de elementos como ménsulas, y materiales de baja calidad.
 - Falta de mantenimiento: Lesiones por humedad y filtraciones relacionadas con la ausencia de impermeabilización y recubrimientos adecuados.
 - Inadecuada supervisión técnica: Errores en diseño y ejecución durante la construcción inicial.

10.7. Recomendaciones

- **Intervenciones Estructurales:**
 - Refuerzo de cimentación: Ampliación de zapatas y mejora de su espesor a 0.40 m o superior.
 - Mejoras en rigidez lateral: Incorporación de muros de corte, contraventeos metálicos o refuerzos en marcos estructurales.
 - Refuerzo de columnas y vigas: Uso de técnicas como encamisado con concreto de alta resistencia o aplicación de fibras de carbono (FRP).

- El diseño y ejecución de estas intervenciones deben ser realizados por profesionales especializados, asegurando el cumplimiento de las normativas aplicables y las especificaciones técnicas descritas en el Capítulo 9: Propuesta de Intervención. Estas acciones son fundamentales para corregir las deficiencias detectadas, garantizar la estabilidad estructural y prolongar la vida útil de la edificación en su nuevo uso.

- **Rehabilitación de Patologías:**

- Impermeabilización de muros y cubierta, reparación de grietas, y reposición de mortero en juntas de mampostería.
- Reinstalación de ménsulas de apoyo para vigas principales.
- Las intervenciones deben ser realizadas por profesionales calificados, siguiendo las normativas vigentes y las especificaciones del Capítulo 9, para corregir deficiencias, garantizar estabilidad y prolongar la vida útil de la edificación.

- **Control de Calidad:**

- Implementar controles más estrictos sobre materiales y supervisión técnica en todas las intervenciones.

- **Programa de Mantenimiento:**

- Establecer un mantenimiento preventivo para prevenir deterioros futuros, especialmente en áreas expuestas a humedad y agentes climáticos.

- **Cumplimiento Normativo:**

- Asegurar que todas las intervenciones cumplan con los estándares de la NSR-10 para garantizar la seguridad y funcionalidad de la edificación en su nuevo uso.

10.8. Conclusión general

El estudio patológico evidencia que, aunque la edificación no presenta daños irreversibles, existen deficiencias significativas que comprometen su estabilidad y su capacidad para cumplir con los estándares requeridos. Es fundamental llevar a cabo intervenciones integrales y reforzar los elementos críticos para garantizar la seguridad, durabilidad y habitabilidad de la estructura en su nuevo uso como estructura de ocupación especial.

11. BIBLIOGRAFIA

Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. (2010).

Norma NSR-10: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente.

Recuperado de

<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2004). *Decreto Distrital 190 de 2004 Alcaldía Mayor de Bogotá,*

D.C. Recuperado de

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935>

Congreso de la Republica de Colombia. (2011). *Ley 1480 de 2011 Estatuto del Consumidor.*

Recuperado de [https://www.redjurista.com/Documents/estatuto_del_consumidor -
ley 1480 de 2011.aspx#/](https://www.redjurista.com/Documents/estatuto_del_consumidor_-_ley_1480_de_2011.aspx#/)

Congreso de la Republica de Colombia. (2001). *Ley 675 de 2001 Ley de Propiedad Horizontal.*

Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4162>

Delgado, J. M. P. Q. (Ed.). (2021). *Case Studies of Building Rehabilitation and Design. Building*

Pathology and Rehabilitation Series. Springer Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-
71237-2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-71237-2)

IDIGER (2010). *Composición de microzonificación realizada por el Instituto Distrital de Gestión de*

Riesgos y Cambio Climático. IDIGER para la ciudad de Bogotá en el año 2010.

Bullen, P. A. (2011). *Factors influencing the adaptive re-use of buildings. Journal of Engineering*

Design and Technology.

Navarro Mora, A. H. (2014). *Diagnóstico de procedimientos de inspección estructural y*

propuesta de herramientas de estandarización. Trabajo de graduación no publicado.

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción.

Recuperado de <https://core.ac.uk/download/61000832.pdf>

Broto, C. (2007). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.* Links International.

12. ANEXOS

ANEXO 1 - Ficha De Información General Del Paciente P1 Info

ANEXO 2 - *Planos de la Edificación Levantados Durante el Estudio*

ANEXO 3 - *Fichas De Calificación – Diagnostico del Paciente*

ANEXO 4 - *Fichas De Calificación –Fichas de Inspección Ensayos No Destructivos Y Destructivos*

ANEXO 5 - *Imágenes de Ferroskan*

ANEXO 6 - *Resultados Ensayo de Núcleos Extraídos*

ANEXO 7 - *Estudio de Suelos*

ANEXO 8 - *Estudio de Vulnerabilidad Sísmica*

ANEXO 9 - *Memorias de Calculo Estructural Cimentación*

ANEXO 10 - *Memorias de Calculo Estructural Estructura*