



FORMATO BASE PARA OPCIÓN DE GRADO

Docente: ANDRÉS DELGADO

Estudio de patología del Bloque Nuevo del Centro Comercial Sinfonía ubicado en Villavicencio.

Presentado por:

Ing. Eduard Andrés Sarmiento Beltrán, Código 2435955

Ing. Daniel Mateo García Huertas, Código

Arq. Leonardo Alonso Ríos Villegas, Código 2442084

Asesora:

MG. Diana Mylena Zambrano Vasquez

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ciencias y Tecnología
Especialización en Patología de la Construcción
Sede Principal Bogotá
30 de noviembre
2024

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.1 Justificación	9
1.2 Contextualización	10
1.2.1 Localización	11
1.2.2 Descripción de la edificación.....	12
1.2.3 Datos generales del entorno	19
1.2.4 Geomorfología y Geología:	20
1.2.5 Sismología:	22
Reforzamiento según NSR-10, Título E.	24
1.2.6 Normativa	25
1.3 Problema de Investigación	26
1.3.1 Pregunta de Investigación	28
1.4 Objetivos	28
1.4.1 Objetivo general.....	28
1.4.2 Objetivos específicos.....	29
2. BASES TEÓRICAS Y DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	29
2.2 Antecedentes	29
2.3 Marco Teórico	30
3. METODOLOGÍA.....	30
3.2 Diseño de investigación	30
3.3 Población y Muestra	31
3.4 Instrumentos de Recolección de Datos	32
3.5 Procesamiento de la información	33
3.6 Análisis de Datos de la investigación	33
3.6.1 Esclerometrias	33
3.6.3 Ferrosan	35

3.6.2 Carbonatación.....	37
4. Diagnóstico	38
4.1 Vulnerabilidad Estructural del paciente:	39
4.2 Vulnerabilidad No Estructural del paciente:	41
5 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	43
5.1 Etapas del plan de acción:.....	43
5.2 Ejecución de intervenciones de acuerdo a su prioridad	43
6 CRONOGRAMA	44
7 PRESUPUESTO	46
8 RESULTADOS ESPERADOS	48
9 BIBLIOGRAFÍA	49
10 ANEXOS.....	50

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ubicación del Centro Comercial Sinfonía, contexto inmediato.</i>	11
<i>Figura 2: Ubicación Geográfica del Centro Comercial Sinfonía.</i>	12
<i>Figura 3: Diseño inicial, Planta de Primer Piso Centro Comercial Sinfonía.</i>	13
<i>Figura 4: Diseño inicial, Planta de Segundo Piso Centro Comercial Sinfonía.</i>	13
<i>Figura 5 Centro Comercial Sinfonía, en uso, década del 2.000.</i>	15
<i>Figura 6 Centro Comercial Sinfonía clausurado, con cerramiento, alrededor año 2010.</i>	15
<i>Figura 7. Centro Comercial Sinfonía en el año 2023.</i>	16
<i>Figura 8. Estado actual del Centro Comercial Sinfonía, año 2024.</i>	16
<i>Figura 9 Estado actual del Centro Comercial Sinfonía.</i>	19
<i>Figura 10 Vista superior del entrepiso del Bloque Nuevo.</i>	27
<i>Figura 11 Vista en primer piso del Bloque Nuevo.</i>	27
<i>Figura 12 Ubicación de los ensayos en el primer piso.</i>	31
<i>Figura 13 Ubicación de los ensayos en el segundo piso.</i>	32
<i>Figura 14 Ensayo de esclerometría en el sitio N° 2 placa Bloque Anterior</i>	35
<i>Figura 15 Ensayo de Ferroskan sobre columna en concreto</i>	36
<i>Figura 16 Ensayo de Ferroskan sobre columna en concreto</i>	36
<i>Figura 17 Ensayo de carbonatación en núcleo extraído</i>	37

Comentario [ADC1]: Enuncia los títulos de las figuras en el mismo orden en que aparecen en el texto, para indicar las páginas del documento en donde se localizan.

Una figura corresponde a cualquier elemento gráfico que ayuda a comprender el contenido del trabajo de grado, como: planos de localización, fotografías de la visita a los lugares del estudio, mapas conceptuales, mapas mentales, dibujos a mano alzada, imágenes descargadas de la WEB, etc.

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Localización y Coordenadas Geográficas del Centro Comercial Sinfonía.</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2. Cuadro comparativo histórico según las Figuras 5, 6 y 7.</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3 Normativa aplicada al Centro Comercial Sinfonía.</i>	<i>25</i>
Tabla 4 Ensayos propuestos	33
Tabla 5 Ensayos con esclerómetro	34
Tabla 6 Descripción y afectación climática sobre zonas de ensayos	34

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Documentación existente, Planta Arquitectónica de Primer Piso.
- Anexo 2. Documentación existente, Planta Arquitectónica de Segundo Piso.
- Anexo 3. Ensayos de laboratorio en Bloque Anterior y Nuevo.
- Anexo 4. Fichas de lesiones del Centro Comercial Sinfonía.

Comentario [2]: Enuncia los títulos de los anexos en el mismo orden en que aparecen en el texto, para indicar las páginas del documento en donde se localizan.

RESUMEN

El estudio patológico del Bloque Nuevo del Centro Comercial Sinfonía, tiene como objetivo describir y diagnosticar las fallas presentadas en la estructura en concreto reforzado, la cual fue construida hasta el capítulo constructivo de placa de entepiso, para luego ser paralizada, actualmente en estado de abandono y a merced de las condiciones climáticas existentes en la ciudad de Villavicencio. De igual forma, se realiza una descripción de las fallas encontradas en el Bloque Anterior, en la cual se encuentran varios tipos de lesiones patológicas debido al estado de abandono de la edificación, tales como humedades, fisuras, grietas y fallas antropogenicas constructivas.

Es por esto que este estudio sirve como guía para casos similares de edificaciones, ya sean obras o estructuras en concreto reforzado construidas bajo los parámetros de la actual NSR-10 y anteriores para el caso del Bloque Anterior, en el cual los agentes atmosféricos adversos y cambiantes, presentes en Villavicencio, generan una serie de patologías a resolver.

Mediante la inspección visual, captura de datos, ensayos de laboratorios destructivos y no destructivos, y seguimiento visual a lo largo del año 2024, se identificaron las causas primarias y secundarias de las patologías, para realizar una propuesta de intervención concordante tanto con la aplicación de la NSR-10 como con el mantenimiento de los bloques, que conlleven a un funcionamiento proyectado de todo el edificio con características intrínsecas de durabilidad, seguridad y eficiencia del edificio, con miras a su buen uso.

Palabras clave: estudio patológico, patologías, humedades, intervención, lesiones, concreto reforzado, aplicación NSR-10, propuesta de intervención, mantenimiento.

ABSTRACT

The pathological study of the New Block of the Sinfonía Shopping Center aims to describe and diagnose the failures presented in the reinforced concrete structure, which was built up to the construction chapter of the mezzanine plate, and then was paralyzed, currently in a state of abandonment and at the mercy of the existing weather conditions in the city of Villavicencio. Likewise, a description is made of the failures found in the Previous Block, in which several types of pathological lesions are found due to the state of abandonment of the building, such as humidity, fissures, cracks and anthropogenic construction failures.

Comentario [ADC3]: El resumen es una presentación abreviada y precisa del trabajo de grado, el cual debe tener una extensión máxima de 350 palabras. Se recomienda que este resumen sea analítico, es decir, que sea completo, con información cuantitativa y cualitativa, generalmente incluyendo los siguientes aspectos: objetivo del estudio, aspectos generales de la metodología empleada, principales resultados y conclusiones más destacadas del trabajo de grado.

This is why this study serves as a guide for similar cases of buildings, whether works or reinforced concrete structures built under the parameters of the current NSR-10 and previous ones in the case of the Previous Block, in which adverse atmospheric agents and changing conditions, present in Villavicencio, generate a series of pathologies to be resolved.

Through visual inspection, data capture, destructive and non-destructive laboratory tests, and visual monitoring throughout 2024, the primary and secondary causes of the pathologies were identified, to make an intervention proposal consistent with both the application of the NSR-10 as with the maintenance of the blocks, which lead to a planned operation of the entire building with intrinsic characteristics of durability, safety and efficiency of the building, with a view to its good use.

Keywords: pathological study, pathologies, humidity, intervention, injuries, reinforced concrete, NSR-10 application, intervention proposal, maintenance.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento y conservación de las edificaciones constituye un aspecto crucial para garantizar su funcionalidad, seguridad y durabilidad. En el caso de los centros comerciales, estos inmuebles enfrentan una carga de uso constante y significativo debido a su papel como centros de actividad económica, social y cultural. El centro comercial Sinfonía, ubicado en la ciudad de Villavicencio, no fue ajeno a estas exigencias, presentando diversas patologías constructivas que requieren un análisis detallado y una intervención técnica adecuada.

El estudio patológico de edificaciones consiste en un análisis sistemático de los daños y problemas estructurales, funcionales y estéticos presentes en una construcción. Este proceso permite identificar las causas subyacentes de los deterioros, evaluando tanto factores internos como externos, tales como defectos de diseño, materiales inadecuados, fallas de construcción, condiciones climáticas adversas y mantenimiento insuficiente.

Villavicencio, caracterizada por su clima cálido húmedo, presenta desafíos específicos para la conservación de las edificaciones, como altos niveles de humedad, lluvia frecuente y temperaturas elevadas, factores que favorecen el deterioro de los materiales constructivos. En el caso del centro comercial Sinfonía, su ubicación en una región de tales características climáticas genera una combinación de esfuerzos físicos y condiciones ambientales que incrementan el riesgo de patologías.

Este estudio tiene como objetivo principal diagnosticar y documentar de manera exhaustiva las patologías presentes en el centro comercial Sinfonía. A partir de esta información, se busca desarrollar estrategias de intervención técnica que permitan prolongar la vida útil del inmueble, garantizar la seguridad de sus ocupantes y usuarios, y preservar su funcionalidad como núcleo comercial en la región. La evaluación de estas patologías será clave para la toma de decisiones informadas, optimizando recursos y mitigando futuros problemas estructurales o funcionales.

De este modo, este trabajo no solo contribuirá a la mejora del estado físico del centro comercial, sino que también fortalecerá las prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo en el ámbito local, desde aspectos como la durabilidad, resistencia y estabilidad, sirviendo como referencia para la gestión de otras edificaciones con características similares.

1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Justificación

El Centro Comercial Sinfonía, ubicado en Villavicencio, representa un importante espacio para la actividad comercial, social y económica de la región. Debido a su antigüedad y el uso continuo, el edificio ha venido presentando signos de deterioro, como fisuras, humedades, oxidación de elementos estructurales y otras patologías que comprometen tanto la seguridad estructural como la experiencia de sus usuarios.

Realizar un estudio patológico es fundamental por las siguientes razones:

Seguridad Estructural y Funcionalidad: Las patologías detectadas pueden evolucionar y causar daños mayores si no se intervienen a tiempo. Problemas como la oxidación de aceros, humedades por capilaridad y fisuras son señales de que la integridad del edificio está en riesgo. Identificar y abordar estas fallas de manera oportuna garantiza la seguridad de los ocupantes y la funcionalidad del espacio.

Impacto Económico: Los costos asociados a reparaciones de emergencia suelen ser significativamente más altos que los de un mantenimiento planificado. Un diagnóstico temprano permite optimizar los recursos, priorizando las intervenciones críticas y evitando pérdidas económicas por cierres o accidentes.

Cumplimiento Normativo: El proyecto contribuye al cumplimiento de normas de seguridad estructural y habitabilidad exigidas por las entidades reguladoras en Colombia.

Garantizar que el edificio cumpla con estas normativas protege a los propietarios y administradores de posibles sanciones legales.

Sostenibilidad del Edificio: En cuanto a las patologías, si no se atienden, aceleran el deterioro del edificio, reduciendo su vida útil. Este proyecto busca implementar soluciones duraderas que aseguren la sostenibilidad y resiliencia del centro comercial frente al paso del tiempo y factores externos.

Contribución Académica y Profesional El estudio servirá como referencia para otros proyectos de diagnóstico y rehabilitación en edificaciones similares. Además, fomenta la adopción de prácticas avanzadas en ingeniería civil, promoviendo un enfoque técnico y científico en el mantenimiento de infraestructuras urbanas.

Mejora en la Experiencia: El Centro Comercial Sinfonía ha sido, a lo largo de su historia, un ícono del desarrollo comercial y social en la ciudad de Villavicencio, siendo un punto de encuentro para sus habitantes y visitantes. Sin embargo, el paso del tiempo y la falta de mantenimiento adecuado han afectado su infraestructura, limitando su funcionalidad y seguridad. Este proyecto tiene como propósito recuperar y revitalizar este importante espacio, devolviéndolo a su pleno servicio mediante un diagnóstico técnico preciso y la implementación de soluciones estructurales que respeten su legado y lo preparen para seguir siendo un eje central en la vida de la ciudad.

Por ello, este proyecto no solo responde a la necesidad inmediata de evaluar y reparar las patologías existentes, sino que también establece una base sólida para el mantenimiento y monitoreo continuo del edificio, asegurando su funcionalidad y sostenibilidad a largo plazo.

1.2 Contextualización

El estudio patológico del Centro Comercial Sinfonía, desarrollado por los estudiantes Eduard Sarmiento, Daniel Mateo García y Leonardo Alonso Ríos, surge como una respuesta a la necesidad de evaluar y diagnosticar las condiciones estructurales y funcionales de este emblemático edificio de Villavicencio. Este centro comercial, que ha sido un referente comercial y social en la ciudad, actualmente enfrenta problemas derivados del desgaste natural y la falta de mantenimiento periódico, que comprometen tanto su estabilidad como su operatividad.

Con un enfoque académico y técnico, se llevó a cabo una investigación exhaustiva basada en metodologías técnicas, identificando patologías como fisuras, humedades, oxidación de aceros estructurales y deterioro de elementos de la cubierta y entrepisos. Este análisis no solo se centró en identificar los daños, sino en comprender las causas subyacentes, como deficiencias en el diseño original, condiciones ambientales y prácticas de mantenimiento inadecuadas.

Este proyecto representa un aporte significativo tanto para la academia de los estudiantes como para la ingeniería civil local, al integrar conocimientos teóricos con prácticas aplicadas. Además, plantea soluciones que no solo buscan recuperar la funcionalidad del Centro Comercial

Sinfonía, sino también garantizar su sostenibilidad y preservar su relevancia histórica y cultural en Villavicencio.

Este trabajo es un ejemplo de cómo la colaboración interdisciplinaria de los profesionales y el uso de herramientas modernas pueden contribuir a resolver problemáticas reales, sirviendo como referencia para futuros estudios y rehabilitaciones en edificaciones de características similares.

El estudio patológico realizado al Sinfonía responde a la necesidad de evaluar de manera técnica y detallada las condiciones actuales del edificio. Este proceso incluye la identificación de daños como fisuras, humedades por capilaridad, oxidación de aceros y deterioro de cubiertas, entre otros. Estas patologías, si no se abordan adecuadamente, pueden comprometer tanto la estabilidad estructural como la experiencia de los usuarios.

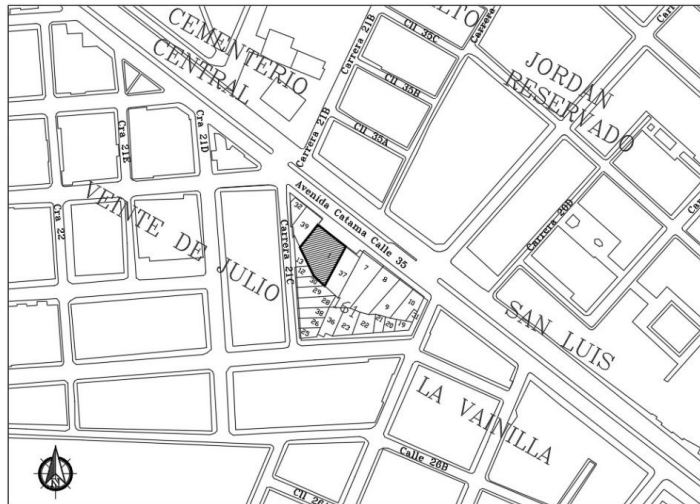
Este análisis no solo busca diagnosticar los problemas existentes, sino también establecer las causas que los han originado, considerando factores de diseño, construcción y mantenimiento a lo largo del tiempo. Con base en estos hallazgos, el estudio plantea estrategias de intervención técnica que permitan restaurar la funcionalidad del centro comercial, priorizando la seguridad, la sostenibilidad y el respeto por su legado histórico en Villavicencio.

Al contextualizar este esfuerzo, el proyecto no se limita a resolver problemas actuales, sino que se proyecta como un modelo de referencia para el mantenimiento y rehabilitación de otras edificaciones en la ciudad, fomentando la adopción de metodologías modernas y sostenibles en la ingeniería civil.

1.2.1 Localización

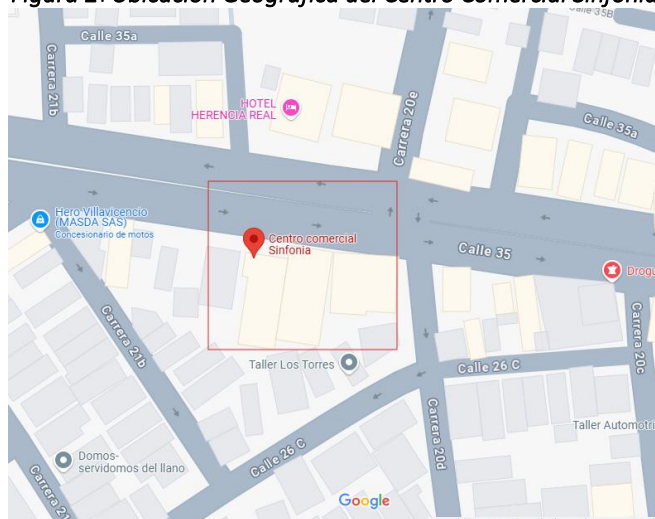
El Centro Comercial Sinfonía se encuentra sobre la avenida Catama sentido Centro – Reliquia exactamente en la Calle 35 # 20D – 10, barrio 20 de Julio, en zona urbana rodeado por edificios con alturas de 2 y 3 pisos en sus zonas laterales y de 1 piso en las zonas posteriores. En zonas laterales existen concurridos locales comerciales, por un lado un local de la marca Yamaha (venta de motos e instrumentos musicales) y por el otro un local de venta de accesorios para motos; en los costados posteriores colinda con casas de un piso. De acuerdo a la Figuras 1 y 2, se observa la avenida Catama, la cercanía con el Cementerio Central y el entorno inmediato del edificio.

Figura 1: Ubicación del Centro Comercial Sinfonía, contexto inmediato.



Fuente: Autores, elaboración propia sobre planimetría de Planeación Villavicencio.

Figura 2: Ubicación Geográfica del Centro Comercial Sinfonía.



Fuente. (Google maps, s.f.)

1.2.2 Descripción de la edificación

Configuración del edificio. El Centro Comercial Sinfonía cuenta con una configuración en planta en forma de U, compuesto inicialmente por nueve (9) locales comerciales con una plazoleta descubierta central destinada como zona común; cuenta con dos (2) pisos, de alturas promedio de

2,40 metros; y cuenta con una bahía de parqueadero exterior descubierta, así como se muestra a continuación en las Figuras 2 y 3.

En la Tabla 1 se relacionan los aspectos más importantes del edificio.

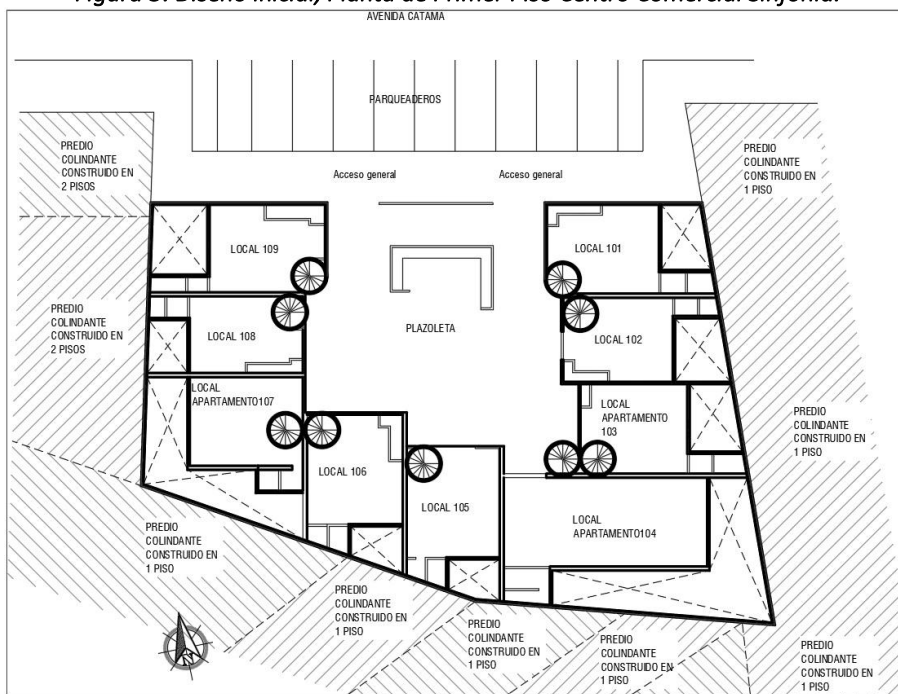
Tabla 1 Localización y Coordenadas Geográficas del Centro Comercial Sinfonía.

Coordenadas geográficas	4° 8'53.00"N, 73° 37'28.56"W
Municipio	Villavicencio
Fecha de construcción	Mediados de los 90's
Uso	Comercial

Fuente: Elaboración propia.

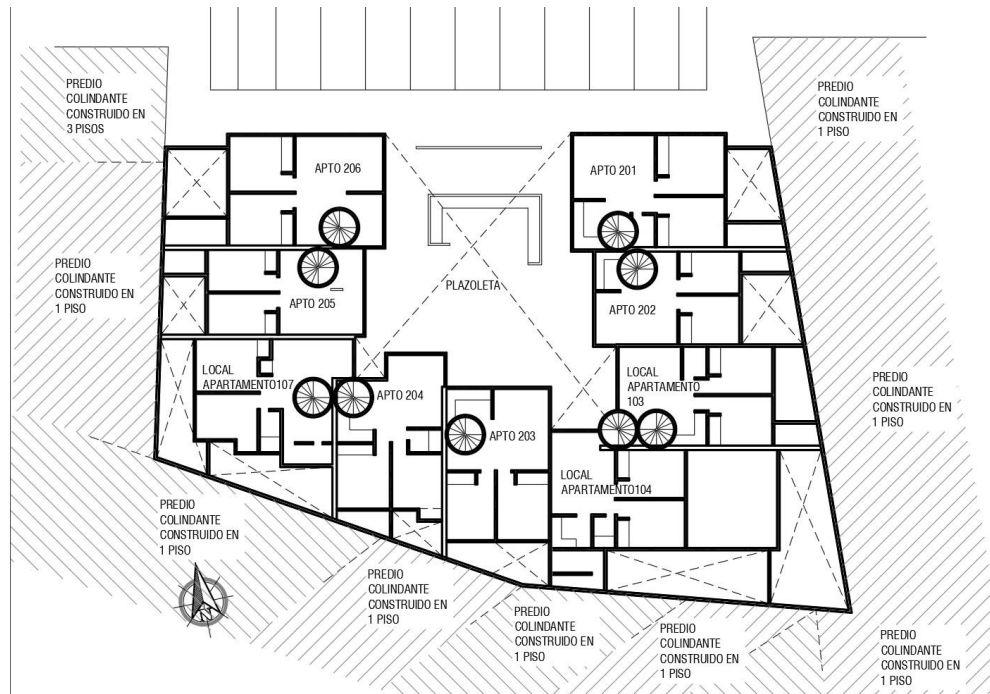
Si bien el destino del edificio es comercial, su configuración puede denotarse como un conjunto de edificaciones en dos pisos, similar a conjuntos cerrados residenciales, lo que la incluye y clasifica dentro de la normativa NSR-10 como una edificación de uno y dos pisos.

Figura 3: Diseño inicial, Planta de Primer Piso Centro Comercial Sinfonía.



Fuente: Elaboración Propia, Autores.

Figura 4: Diseño inicial, Planta de Segundo Piso Centro Comercial Sinfonía.



Fuente: Elaboración Propia, Autores.

En el Anexo 1 y Anexo 2 se observan los planos arquitectónicos de primer y segundo piso, contada como la única documentación encontrada del proyecto.

Historia Clínica. Lo primero al analizar la historia del edificio, cuya construcción se estima a mediados de la década de los 90's, es que dicha construcción contó con licencia de construcción según conversaciones con personas relacionadas al edificio, por ende, cuenta con la reglamentación mínima requerida para dicha época, teniendo en cuenta que se haya seguido con la aplicación de las normas sismo resistentes del Código Colombiano de Construcciones sismo Resistentes según decreto-Ley 1400 de 1984. Dicho esto, vale la pena aclarar que durante esta época no se realizaban estrictos controles de sismo- resistencia, de calidad y de idoneidad de personal de obra, por lo cual podemos observar varios errores en la aplicación de la estructura, debió a la combinación de varios sistemas constructivos.

En cercanías del Centro Comercial, en la década de 2000, se desarrolló un foco de inseguridad, lo cual puede haber sido el principal motivo de su clausura y posterior abandono. Según la Figura 5, el edificio presentaba normalidad en su funcionamiento, desde el uso de la bahía de parqueadero.

Figura 5 Centro Comercial Sinfonía, en uso, década del 2.000.



Fuente. (Historias del Meta, 2024)

A continuación, en la Figura 6 se observa el estado inicial de cerramiento del edificio, en el cual observamos y comparamos más adelante los aspectos de su estado a través del tiempo.

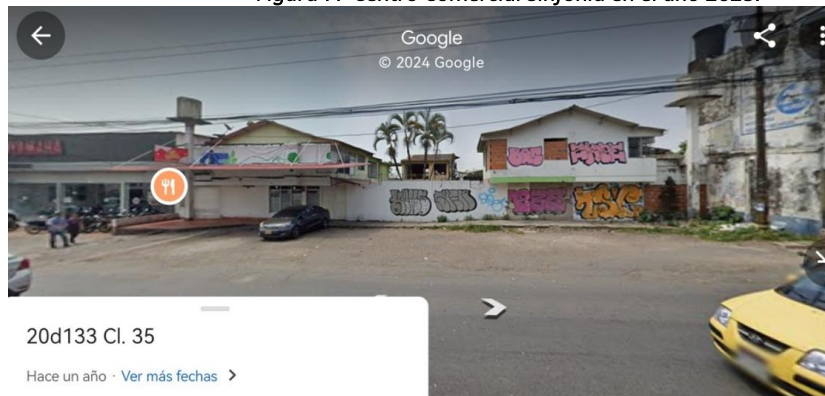
Figura 6 Centro Comercial Sinfonía clausurado, con cerramiento, alrededor año 2010.



Fuente. (Historias del Meta, 2024)

En la Figura 7, se observa un deterioro mayor en ciertos aspectos de la fachada, que serán descritos más adelante.

Figura 7. Centro Comercial Sinfonía en el año 2023.



Fuente. (Google maps, s.f.)

A continuación, la Figura 8 muestra el estado actual del edificio en el año 2024, con lo cual se observa el deterioro causado por los agentes atmosféricos y la falta de mantenimiento general desde su fachada principal.

Figura 8. Estado actual del Centro Comercial Sinfonía, año 2024.



Fuente: Autores

A continuación, la Tabla 1 presenta un cuadro comparativo de las Figuras 5, 6 y 7, con el fin de observar de manera general el aumento en el grado de daños desde su fachada principal.

Tabla 2. Cuadro comparativo histórico según las Figuras 5, 6 y 7.

Zona descripción	Figura 5	Figura 6	Figura 7
Imagen histórica			
Fecha de captura de la foto	Estimada anterior al año 2015,	2020	Fuente Google Maps, año 2023
Estado	En uso, en buen estado.	Cerrado.	Cerrado, abandonado.
Percepción de pinturas.	En uso, en buen estado, pintura blanca, con una franja de color verde en viga aérea en los locales de la derecha.	En estado leve de lesiones, con pintura nueva color verde en el local de la izquierda, en muro de cerramiento y local de la derecha se observan humedades y desprendimiento de pintura.	En el segundo piso continua con la misma pintura de color verde observada en la imagen 2, del año 2020, mientras que en el primer piso presenta nueva pintura de color blanco. El local de la derecha presenta pérdida de pintura y encima grafitis dibujados..
Percepción de muros de local a la izquierda.	En buen estado	Con fisuras, con ventanas, con cubiertas, con una puerta de acceso.	Presenta las mismas condiciones de la imagen 2, año 2020.
Percepción de muros de local a la derecha	En buen estado	Presentan indicios de humedades a una altura menor a 1m desde el nivel terminado del andén.	Presenta pérdida de pintura, las puertas y ventanas fueron selladas con mampostería en bloque de arcilla N° 4 o 5, sin pañete, por posible vandalización de vidrios. Hay una fuerte humedad sobre la esquina derecha, de arriba hacia abajo.
Muro de cerramiento	No presenta	Presenta un muro de cerramiento en el acceso a la zona común, altura de un alrededor de 2,20m, con humedades en color gris en todo el muro.	Continúa el muro de cerramiento, no se observan las humedades, presenta pintura en color gris y vandalización con grafitis. Material vegetal

		Material vegetal en el andén.	en el andén.
Ventanas	Ventanas en buen estado, en uso.	No es muy claro, pero se observan varios tonos en los vidrios, posible vandalización.	Las aberturas fueron cerradas con mampostería en bloque de arcilla N° 4 o 5, sin pañete, por posible vandalización de vidrios. En esta imagen se observa un local en segundo piso al interior del CC, sin puertas ni ventanas.

Sistema constructivo. Se estima que el sistema constructivo inicial aplicado sea mampostería confinada para una edificación en dos pisos, ya que se observa una columna en concreto reforzado embebida en el muro en el Local 105; las columnas de dimensiones cercanas a 30 por 30 centímetros ubicadas en algunos patios interiores de los locales; la placa de entrepiso cuenta con vigas aéreas de concreto reforzado y elementos prefabricados aligerados; la cubierta cuenta con estructura metálica tipo cercha metálica muy común durante la época y tejas en fibrocemento.

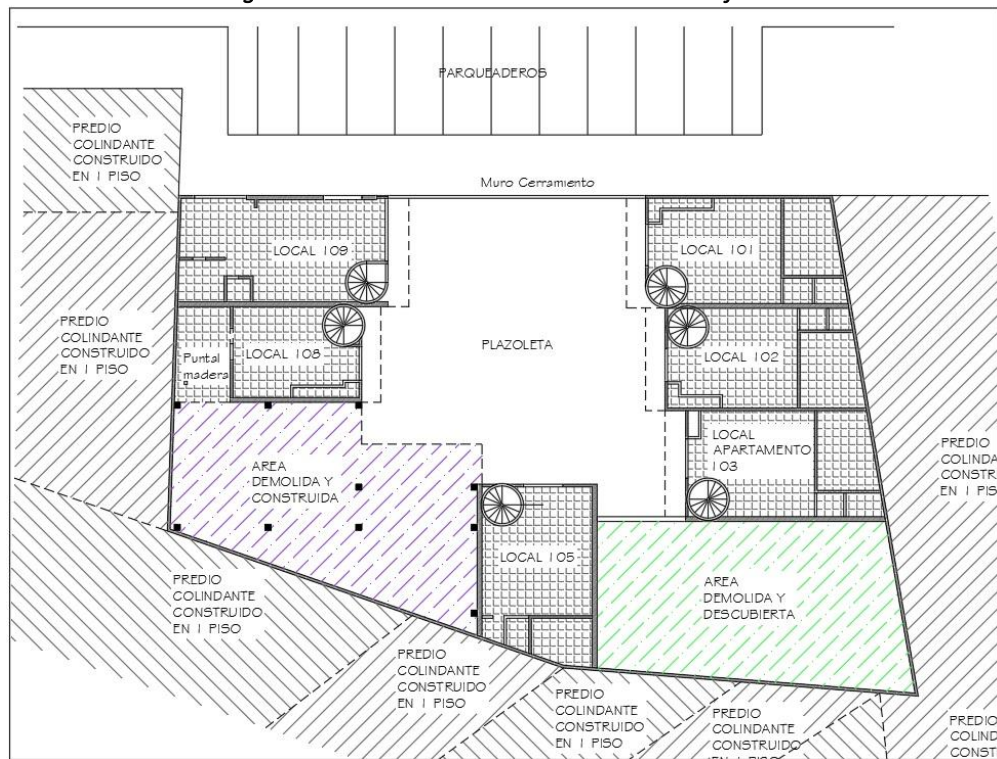
Fases de construcción históricas. En su construcción inicial, que data de mediados de la década de los 90's, la edificación contaba con todos los locales construidos; luego sin conocer exactamente el año se presentó la demolición de sus dos esquinas, correspondientes a los Locales 106-107 (esquina suroccidental) y el Local 104 (esquina sur oriental).

La esquina suroccidental en el año 2012 presentó la construcción de un bloque nuevo en sistema constructivo pórticos en concreto reforzado, la cual contó con el capítulo constructivo de estructura, con los elementos de cimentación, columnas y placa de entrepiso que incluye los elementos de vigas aéreas y elementos prefabricados aligerados; esta zona no presentó otros capítulos constructivos, provocando la exposición de esta estructura a todos los agentes atmosféricos externos y con ello la causa primaria de las patologías encontradas. La zona de este Bloque Nuevo es la que se considera como principal objeto del presente estudio de patología.

Estado actual. El estado actual del Centro Comercial es de total abandono, cerrado oficialmente desde el año 2015, los locales presentan filtraciones de aguas lluvias por falta de unidades de tejas de fibrocemento en la cubierta y fallas por falta de

mantenimiento en la cubierta, por ende genera humedades en muros y en placa de entrepiso, desprendimientos de pañete por humedad en diferentes muros de los locales, en la placa aligerada se evidencian fallas de ejecución de obra por deficientes procesos constructivos, “errores humanos” ya que se pueden apreciar a simple vista los aceros de las vigas aéreas las cuales no tienen un buen recubrimiento en concreto protegiéndolas de las oxidaciones o corrosiones que más adelante generan desprendimientos del elemento de concreto. En la Figura 8 se observan las áreas conservadas inicialmente, la zona demolida y el Bloque Nuevo con la estructura aporticada.

Figura 9 Estado actual del Centro Comercial Sinfonía.



Fuente: Autores

1.2.3 Datos generales del entorno

El Centro Comercial Sinfonía se encuentra estratégicamente ubicado sobre la Avenida Catama, una de las principales vías de Villavicencio que conecta diversas zonas comerciales y residenciales de la ciudad. Este sector es de alta afluencia vehicular y

peatonal, ya que en sus alrededores se encuentran establecimientos comerciales clave, como sucursales de venta de motos Yamaha y Auteco y locales comerciales de accesorios para motos, que atraen un constante flujo de clientes y trabajadores.

Sin embargo, la dinámica social de la zona es compleja y presenta contrastes significativos. Aunque el centro comercial está cerca de importantes puntos de referencia como el Cementerio Central, también se encuentra cerca de los barrios reconocidos como el Jordán y el barrio Santa Fe, éstos últimos han sido señalados por un incremento en los índices de inseguridad. La presencia de lugares asociados al micro-tráfico de estupefacientes ha generado el tránsito de personas habitantes de calle quien son los mayores consumidores de sustancias psicoactivas, afectando la percepción de seguridad en el sector y limitando, en cierta medida, el potencial de desarrollo comercial y social de la zona. Los que pudo haber sido uno de los principales motivos de su clausura y posterior abandono.

A pesar de estos desafíos, el entorno del Sinfonía mantiene su relevancia como un punto neurálgico de actividad económica y tránsito, destacándose como un espacio que puede jugar un papel fundamental en la revitalización del área. La recuperación del centro comercial no solo tiene el potencial de fortalecer la economía local, sino también de influir positivamente en la dinámica social del sector, generando un ambiente más seguro y atractivo para residentes, visitantes y empresarios.

Este proyecto, por lo tanto, trasciende el ámbito técnico para convertirse en una oportunidad de impacto positivo en el tejido social y urbano de Villavicencio.

1.2.4 Geomorfología y Geología:

Geomorfología: Villavicencio cuenta con un clima cálido con alto grado de humedad relativa con temperaturas que van desde los 24° C Y 30° C, capital del departamento del Meta y el centro comercial más importante de los Llanos Orientales. Fundada el 6 de abril de 1840, cuenta con una población urbana aproximada de 552.010 habitantes en 2021.

Villavicencio, conocida como la puerta de entrada a los Llanos Orientales, se caracteriza por una geomorfología diversa que influye directamente en sus condiciones urbanas y estructurales. La ciudad se encuentra en la transición entre la cordillera Oriental y la extensa llanura aluvial, lo que le otorga una topografía variada que combina colinas, terrazas fluviales y zonas de planicie. Este entorno geológico presenta retos significativos para las construcciones, especialmente en lo que respecta a la estabilidad del suelo y el comportamiento de las edificaciones frente a factores climáticos y geotécnicos.

En particular, el Centro Comercial Sinfonía, ubicado en esta región, se asienta sobre terrenos que históricamente han estado expuestos a procesos de sedimentación y erosión propios de las áreas cercanas a ríos y quebradas. Estas características pueden haber influido en el desarrollo de algunas patologías estructurales observadas en el edificio, como humedades por capilaridad y fisuras en los muros, que suelen estar asociadas con la presencia de suelos arcillosos o mal compactados y con fluctuaciones en el nivel freático.

Además, la ubicación en una zona de alta pluviosidad y la cercanía del río guatiquia aumentan la exposición a fenómenos como infiltraciones y cambios térmicos que, a largo plazo, afectan la durabilidad de los materiales. Estos factores geomorfológicos no solo condicionan la naturaleza de las patologías detectadas, sino que también subrayan la importancia de proponer soluciones técnicas que consideren las características del terreno y las condiciones ambientales locales.

Geología: La geología actual del departamento del Meta muestra la influencia de dos grandes estructuras: al oriente, la Cordillera Oriental, junto con la Sierra de La Macarena; y al occidente, el Macizo de la Guayana, también denominado Basamento Guayanés, el cual se infiere en profundidad, pues no aflora en el área del departamento.

La Cordillera Oriental, una vez erigida como orógeno emergido, comienza a ser modelada por los agentes climatológicos. Los últimos levantamientos del Neógeno y del Pleistoceno, apoyados por la sucesión de las diferentes épocas glaciares del Cuaternario o Reciente, produjeron grandes cauces por los que se transportaron enormes cantidades de sedimentos, que se acumularon en la parte baja y plana de los Llanos Orientales, dando origen a la topografía actual del departamento.

El Escudo Guayanés —de edad precámbrica—, además de haber colaborado en la formación de la estructura andina, sirvió de base para soportar la acumulación de esta gran cantidad de sedimentos, los cuales rellenaron sus principales depresiones, dando origen al paisaje llano actual.

En las estribaciones de la cordillera y de la Serranía de La Macarena, los materiales se depositaron de tal manera que semejan grandes y extendidos abanicos recostados en la cordillera, terminados a trechos largos en una serie de colinas de no más de 50 metros de altura. Esto es lo que hoy se denomina piedemonte y altillanura, respectivamente.

ES importante aclarar que en el edificio no se han presentado lesiones provocadas por asentamientos, desniveles o similares causados por fallas en el suelo, por lo cual no se profundiza en esta área.

1.2.5 Sismología:

Los siguientes son los sismos más fuertes y cercanos en su que han afectado al edificio objeto de estudio a lo largo del tiempo, siendo estos clasificados como sismos de servicio, ya que no han llevado al edificio al colapso:

- El Servicio Geológico Colombiano (SGC) informa que, desde las 12:04 p.m. del 17 de agosto de 2023 la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) ha registrado una secuencia de sismos localizados en el departamento del Meta, específicamente en los municipios de El Calvario y Villavicencio. Con corte a las 6:00 p.m hora local del 18 de agosto de 2023 se han localizado 180 sismos de magnitudes entre 0,7 y 6,1, y profundidades menores a 20 km (figura 1). <https://www2.sgc.gov.co/Noticias/Paginas/Reporte-de-replicas-del-sismo-ocurrido-el-17-de-agosto.aspx>

- Sismo ocurrido en Quetame (Cundinamarca), fecha 24 de mayo de 2008, hora 14:20, magnitud 5.9 Escala de Richter.

De acuerdo a la actual norma sismo resistente NSR-10, la edificación debe contar con los siguientes conceptos frente a vulnerabilidad sísmica y sismo resistencia:

Reforzamiento según NSR-10, Título A.

- I. A.1.3.11 – CASAS DE UNO Y DOS PISOS- **Las edificaciones de uno y dos pisos deben diseñarse de acuerdo con los capítulos A.1 a A.12 de este Reglamento.** Las casas de uno y dos pisos del grupo de uso I, tal como lo define A.2.5.1.4, que no formen parte de programas de quince o más unidades de vivienda ni tengan más de 3000 m² de área en conjunto, pueden diseñarse alternativamente de acuerdo con los requisitos del Título E de este Reglamento.

Tabla A.2.3-2 Valor de Aa y de Av para las ciudades capitales de Departamento

Ciudad	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica
Villavicencio	0.35	0.30	Alta

A.2.5.1.4- Grupo I – Estructuras de ocupación normal – Todas las edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

Tabla A.2.5-1 Valores del coeficiente de Importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
I	1.00

- II. Según la Tabla A.1.3.-1 Procedimiento de diseño estructural para edificaciones nuevas y existentes, se siguen los siguientes pasos para asegurar el cumplimiento de la norma en la edificación:

Paso 1 – Predimensionamiento y coordinación con los otros profesionales.

Paso 2 – Evaluación de las solicitudes definitivas.

Paso 3 – Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de Aa y Av.

Paso 4 – Movimientos sísmicos de diseño.

Paso 5 – Características de la estructuración y del material estructural empleado.

Paso 6 – Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis.

Paso 7 – Determinación de las fuerzas sísmicas.

Paso 8 – Análisis sísmico de la estructura.

Paso 9 – Desplazamientos horizontales.

Paso 10 – Verificación de derivas.

Paso 11 – Combinación de las diferentes solicitudes.

Paso 12 – Diseño de los elementos estructurales.

A.3.2.1.3 – Sistema de pórtico – Es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales. Véase la tabla A.3-3.

- III. De acuerdo al Capítulo A.10 ***Evaluación e Intervención de Edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento***, el alcance dado según el numeral A.10.1.3 aplica para el centro comercial, ya que es una edificación existente antes de la vigencia de la NSR-10, con el fin de realizar una propuesta de intervención que permita la reparación, adecuación y funcionamiento del edificio.

Reforzamiento según NSR-10, Título E.

I. En lo referente a juntas sísmicas, debe aplicarse al edificio – paciente:

E.1.3.4.3.1 – Juntas sísmicas. Se requieren juntas sísmicas en los siguientes casos:

(a) cuando la relación de la longitud con respecto al ancho, en planta excede 3:1.

(b) Cuando el terreno tiene pendientes superiores al 30%. La junta sísmica debe colocarse de manera que separe cada una de las viviendas sin que hayan muros medianeros entre dos viviendas contiguas.

(c) Cuando en conjuntos de casas seriadas medianeras, coexisten las casas de bahareque con otras de diferentes materiales, como mampostería, concreto reforzado, acero, etc.

(d) **Casas construidas independientemente.**

E.1.3.4.3.2 – La junta sísmica debe tener una dimensión mínima de J veces la altura de la edificación, medida hasta el caballete de la cubierta. El valor de J debe establecerse con base en la tabla E.1.3-1.

Tabla E.1.3-1 Espacio mínimo de separación

Estructura	Mampostería
Edificación con aberturas de más del 25% de las fachadas	0.015
Edificación con aberturas de menos del 25% de las fachadas	0.010

II. En lo referente a la longitud de muros, debe aplicarse al edificio-paciente:

E.3.6.4 – LONGITUD MINIMA DE MUROS CONFINADOS – La longitud de muros confinados requerida en cada una de las direcciones principales de la edificación en metros, no puede ser menor que la que se obtiene por medio de la ecuación E.3.6-1.

$$L_{min} = M_o A_p$$

T L_{min} = longitud mínima de muros estructurales en cada dirección (m) M_o = coeficiente que se lee en la tabla E.3.6-1 t = espesor efectivo de muros estructurales en el nivel considerado (mm) A_p = se considera en m² como sigue:

(d) Cuando se emplee una cubierta liviana, los valores del área determinados para cubiertas de losa de concreto según (a), (b), o (c), pueden multiplicarse por 2/3.

E.3.65 – MUROS QUE SE TIENEN EN CUENTA PARA CUMPLIR LA LONGITUD MINIMA –

Para efectos de contabilizar la longitud de muros confinados en cada dirección principal, solo deben tenerse en cuenta aquellos muros que están confinados, que son continuos desde la cimentación hasta la cubierta, y que no tienen ninguna abertura entre columnas de confinamiento.

1.2.6 Normativa

La normativa nacional ofrece aspectos clave sobre la durabilidad, seguridad, resistencia, rigidez de la estructura en concreto, principal material en sistema constructivo de pórticos, analizado en este estudio, las normas a aplicar son las siguientes:

Tabla 3 Normativa aplicada al Centro Comercial Sinfonía.

Norma	Descripción
NSR-10 (Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente)	Establece los requisitos y procedimientos para el diseño y construcción de estructuras sismo-resistentes en Colombia, considerando aspectos geotécnicos, estructurales y de materiales.

NTC 3318 (Norma Técnica Colombiana sobre Concreto Estructural)	Esta norma establece las especificaciones para concreto producido en planta, ya sea dentro o fuera de las instalaciones del proyecto, y concreto producido en obra. En los dos casos se considera que el concreto se entrega al cliente en estado fresco y no endurecido. Los requisitos para la calidad del concreto deben ser los especificados en esta norma o los especificados por el cliente. Cuando existan diferencias entre las dos especificaciones, deben primar las del cliente siguiendo los métodos de evaluación de las Normas Técnicas Colombianas. Esta norma no contempla la colocación, compactación, curado o protección del concreto después de entregado al cliente.
NTC 2289 (Norma Técnica Colombiana para Barras de Acero para Refuerzo de Hormigón)	Esta norma establece los requisitos técnicos y las características que deben cumplir las barras de acero utilizadas como refuerzo en estructuras de hormigón armado. Define aspectos como la composición química, propiedades mecánicas y dimensiones de las barras.
NTC 3459 (Norma Técnica Colombiana sobre Calidad del Agua)	Esta norma establece los métodos de muestreo y análisis para la determinación de la calidad del agua, incluyendo parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para evaluar la calidad del agua utilizada en la elaboración de concreto.
NTC 174 (especificaciones de los agregados para concreto)	Esta norma establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos (exceptos los agregados livianos y pesados) para uso en concreto.

Fuente: Elaboración propia.

1.3 Problema de Investigación

Dentro del edificio del Centro Comercial Sinfonía, la investigación se centra sobre las actuaciones realizadas sobre la esquina suroccidental, la cual tuvo procesos de cierre y desuso del edificio, demolición y por último la construcción del Bloque Nuevo en pórticos en concreto reforzado, dejando a la vez sin culminar, sin ningún tipo de cubierta y expuesta a los agentes climáticos. La nueva estructura en concreto presenta patologías físicas, mecánicas, químicas, térmicas, plásticas, estructurales y antropogénicas que inciden directamente en sus características estructurales de durabilidad, estabilidad, resistencia y seguridad, para lo cual es necesario programar y definir programas o intervenciones del tipo rehabilitación y mantenimiento, que conlleven a la puesta en funcionamiento asegurando una de dicha estructura.

Es por ello, que las lesiones encontradas en el concreto reforzado del Bloque Nuevo del Centro Comercial Sinfonía, tales como las humedades (por exposición directa, por capilaridad y por filtración), las fallas en ejecución de obra (los recubrimientos del acero y el hormigoneo en algunos puntos de vigas y entrepiso), la carbonatación del concreto, son las fallas principales a tratar para proyectar un plan de manejo que conlleve a la continuidad del proceso constructivo y puesta en funcionamiento del bloque. En la Figura 10 se observa la placa de entrepiso del Bloque vista desde arriba, al fondo y a la derecha se observan los edificios existentes del Centro Comercial.

Figura 10 Vista superior del entrepiso del Bloque Nuevo.



Fuente: Autores

En la Figura 11 se observa el estado del Bloque Nuevo, las columnas y el entrepiso vistos desde el primer piso, con las características de intemperie en el concreto y los bloques existentes a cada lado.

Figura 11 Vista en primer piso del Bloque Nuevo.



Fuente: Autores

1.3.1 Pregunta de Investigación

¿Cuáles son las lesiones más comunes encontradas en edificaciones en concreto reforzado con signos de abandono en Villavicencio?

¿Qué lesiones son las más comunes en edificaciones construidas en la década de los noventa en Villavicencio?

¿Cuáles son los aspectos clave a tener en cuenta para la aplicación de sismo resistencia en edificaciones anteriores a la actual normativa NSR-10?

¿Cómo pueden corregirse lesiones causadas por factores ambientales en edificaciones sin protección ambiental, tales como estructura abandonada o falta de tejas en la cubierta?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar el estudio patológico integral del Bloque Nuevo del Centro Comercial Sinfonía en la ciudad de Villavicencio para identificar, clasificar y documentar las patologías estructurales y funcionales presentes, con el propósito de proponer acciones

correctivas y preventivas que garanticen la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad del edificio.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar un proyecto de investigación exhaustivo con el levantamiento de información del estado actual del edificio, incluyendo inspecciones visuales, ensayos no destructivos y recopilación de datos históricos.
- Identificar y clasificar las patologías presentes según su tipo, localización, severidad y origen, priorizando aquellas que afectan la seguridad estructural y el confort de los usuarios.
- Elaborar un diagnóstico detallado de las causas de las patologías detectadas, considerando factores constructivos, de diseño y de mantenimiento.
- Proponer un plan de intervención técnica que incluya recomendaciones para la reparación y mantenimiento del edificio, basándose en las mejores prácticas de ingeniería civil.

2. BASES TEÓRICAS Y DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.2 Antecedentes

La bibliografía encontrada sobre los estudios patológicos en la ciudad de Villavicencio muestran una gran variedad de temas sobre zonas a la intemperie, como el caso del “Estudio Patológico Gradería Nor Oriental Estadio Manuel Calle Lombana - Municipio De Villavicencio Meta” Palacios, Benito y Pardo, 2019, las graderías en concreto del antiguo Estadio de fútbol, otros como el “Diagnostico y reparación de patologías en centros comerciales, Muñoz y Pérez, 2018”, abordan la identificación y diagnóstico de patologías en centros comerciales en Colombia, ofreciendo un enfoque técnico sobre las mejores prácticas para la intervención de estructuras comerciales afectadas por humedades, fisuras y deterioro de materiales.

“Impacto del clima en la durabilidad de las construcciones en la región andina y los Llanos de Colombia, Sánchez y Gómez, 2020”. Este estudio establece la relación entre el clima y las patologías constructivas en edificaciones aplicada a la región proporcionando evidencia de la forma en la que las condiciones ambientales, como la pluviosidad y la humedad inciden en el deterioro estructural de los edificios.

2.3 Marco Teórico

El presente estudio patológico se enfoca en las lesiones causadas en dos tipos de edificaciones, si bien la causa es la misma: abandono del edificio, falta de mantenimiento y exposición a los agentes climáticos externos. Dichas lesiones vienen ocurriendo en estructuras aledañas con diferencias de construcción de 15 años, teniendo en cuenta que la zona anterior fue construida hacia mediados de la década de los noventa y la zona nueva fue construida hacia el año 2012.

Es por ello que el desarrollo se centra en el estudio de los lineamientos a contemplar en edificaciones abandonadas y expuestas a la intemperie, con las consecuentes lesiones que van degradando cubiertas, muros y estructura, desde sus características de durabilidad, ductilidad y sismo resistencia.

3. METODOLOGÍA

3.2 Diseño de investigación

Este estudio patológico contempla una serie de pasos desde el enfoque descriptivo, en el cual se tomaron en cuenta los siguientes procesos:

- I. Documentación existente: búsqueda y recopilación de documentación bibliográfica, histórica, permisos, documentación de obra, manejo ambiental, la cual no brindó resultados esperados, brindando solamente los planos de plantas arquitectónicas.
- II. Inspección Visual Detallada: la inspección visual se realizó siguiendo lineamientos de tipo fotográfico, captura de datos, descripción de las zonas del edificio en su conjunto y clasificación de las lesiones encontradas de acuerdo a los elementos estructurales.
- III. Caracterización de las Lesiones: las lesiones fueron identificadas y clasificadas luego de las inspecciones visuales, teniendo en cuenta sus características, causas y registros de fallas, dando paso a causas secundarias.
- IV. Análisis de Causas: las causas tanto primarias como secundarias, así como su desarrollo proyectado se aplicaron sobre los elementos estructurales principalmente, ya que esto compromete la durabilidad y la estabilidad de la edificación, las condiciones ambientales fueron altamente consideradas.

- V. Estudio Patológico: la documentación recolectada se toma como nueva base metodológica para futuros estudios o análisis patológicos, intervenciones a realizar, proyección de la durabilidad del edificio y sus materiales.

3.3 Población y Muestra

El Bloque Nuevo se escogió como objeto de estudio, debido a sus condiciones constructivas, tales como su estructura en concreto reforzado bajo los requisitos de la norma NSR-10, construido aproximadamente en el año 2012 y expuesto a los agentes atmosféricos desde su construcción, lo que puede entenderse como el comportamiento del concreto en edificaciones bajo las condiciones climáticas de la ciudad de Villavicencio, siendo un referente de este tipo. Las columnas, las vigas aéreas y la paca de entrepiso constituyen el objeto del estudio patológico actual. Se realizó una toma de extracción de núcleo en una columna, como determinante para definir el estado actual del concreto, resistencia mecánica y carbonatación. La Figura 12 muestra la ubicación de los ensayos realizados, en color verde se realizó un análisis con Ferroskan, una extracción de núcleo en columna de concreto al cual se le realizó un ensayo de carbonatación, en color rojo se realizaron los ensayos de esclerometría números 1, 2 y 3:

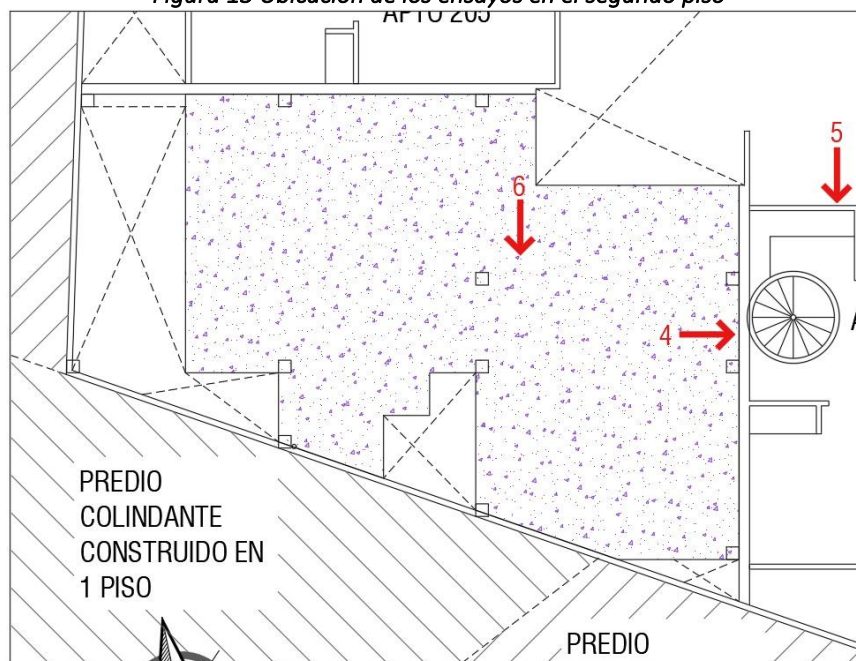
Figura 12 Ubicación de los ensayos en el primer piso



Fuente: Autores

En la Figura 13 se detallan los ensayos realizados en el nivel del segundo piso y placa de entrepiso en concreto reforzado, mediante las esclerometrias número 4, 5 y 6.

Figura 13 Ubicación de los ensayos en el segundo piso



Fuente: Autores

3.4 Instrumentos de Recolección de Datos

Se realizó una visita en el mes de abril de 2024, en la cual se efectuó una inspección visual detallada del estado de todo el conjunto, junto con registro de algunas fisuras y registro fotográfico. Se realizó una segunda visita en el mes de noviembre de 2024, en la cual se realizó la recolección de datos mediante ensayos de laboratorio tanto al Bloque Nuevo como a la edificación existente en zonas cercanas al Bloque Nuevo, con el fin de comparar sus características.

3.5 Procesamiento de la información.

El procesamiento de la información obtenida en la inspección visual se complementará con la elaboración de los siguientes ensayos.

Tabla 4 Ensayos propuestos

ENSAYO	DESCRIPCIÓN
<i>Distribución del acero de refuerzo– astm a 615</i>	Determinación del recubrimiento del acero de refuerzo, localización, características geométricas y separación del refuerzo dentro de las estructuras de concreto reforzado
<i>Ensayo de esclerometría- ntc-3692</i>	Tiene el propósito de determinar el índice esclerométrico del hormigón endurecido mediante el empleo de un martillo de acero impulsado por resorte, cuyo rebote se registra en una escala lineal incorporada al instrumento.
<i>Penetración de cloruros- astm-c1218</i>	La penetración de cloruros en el concreto es el proceso más importante y complejo que afecta la durabilidad de las estructuras, mediante el cual inicia la corrosión del acero de refuerzo. La profundidad de penetración de cloruros es un parámetro significativo para predecir el inicio de corrosión, el cual está en función de la concentración de cloruros requerida para despasivar el refuerzo.

3.6 Análisis de Datos de la investigación

Luego de realizados los diferentes ensayos en los materiales estructurales de los dos bloques, tanto el anterior como el nuevo, podemos verificar el estado actual por elementos o unidades constructivas (sean columnas, vigas, placa de entrepiso) y realizar posteriores recomendaciones encaminadas a una intervención más directa y eficiente. En el Anexo 3 se muestran los resultados de los ensayos realizados.

3.6.1 Esclerometrias

Las mediciones mediante el martillo de Schmitt fueron planeadas en zonas del Bloque Nuevo y en las dos edificaciones aledañas a este, con el fin de medir sus características y las de sus zonas más cercanas, con el fin de evaluar posibles daños, deterioros o posibles demoliciones es dichas zonas, se recolectaron de la siguiente forma:

En el Bloque Anterior se realizaron 3 ensayos, en el Bloque Nuevo se realizaron 2 ensayos y en una zona de placa entre los dos bloques se realizó otro ensayo de esclerometría. Las zonas donde se ubicaron estos

Tabla 5 Ensayos con esclerómetro

ENSAYO	PROMEDIO EN kg/cm ²	Valor en PSI	Ubicación
1	224	3.186,03	Columna Bloque Nuevo (bajo placa)
2	183,60	2.611,40	Columna Bloque Anterior (interior)
3	265	3.769,19	Columna Bloque Anterior (interior)
4	265	3.769,19	Placa Bloque Anterior (al interior)
5	297,60	4.232,86	Placa Bloque Anterior (al exterior)
6	326	4.636,81	Placa entrepiso Bloque Nuevo (expuesta)

Fuente: Elaboración propia.

Las zonas del Bloque nuevo no tienen ningún tipo de cerramiento, mientras que la zona aledaña Bloque anterior presenta cerramiento en muros y cubierta, a pesar de tener aberturas por tejas rotas o dañadas, por lo tanto al analizar los puntos de toma de datos de esclerometría tenemos lo siguiente:

Tabla 6 Descripción y afectación climática sobre zonas de ensayos

ENSAYO	UBICACIÓN FRENTE AL CLIMA	Ubicación
1	Columna de 30 x 30 bajo placa, al lado de muro del bloque anterior	Columna Bloque Nuevo (bajo placa)
2	Columna de confinamiento de muro, colindante entre los dos bloques	Columna Bloque Anterior (interior)
3	Columna de confinamiento de muro, colindante entre los dos bloques	Columna Bloque Anterior (interior)
4	Placa a la vista producto de la demolición, colindante entre los dos bloques	Placa Bloque Anterior (al interior)
5	Placa entrepiso cercana al bloque nuevo, con mayor exposición a lluvia,	Placa Bloque Anterior (al exterior)

	sol y viento	
6	Placa totalmente expuesta a lluvia, sol y viento	Placa entrepiso Bloque Nuevo (expuesta)

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados de los valores de resistencia de los elementos estructurales, observamos que solo un elemento, la placa de entrepiso del Bloque Anterior en zona aledaña al Bloque nuevo, no cumple con la resistencia mínima de 3.000 PSI, determinada por la NSR-10; mientras que los datos de los demás ensayos cumplen con la resistencia requerida. En la Figura 14 se aprecia la toma de ensayo de esclerometría.

Figura 14 Ensayo de esclerometría en el sitio N° 2 placa Bloque Anterior



Fuente: Autores

3.6.3 Ferroskan

El ensayo de comprobación de aceros se realizó sobre una cara de columna de concreto reforzado, de 30 x 30 centímetros. Estas columnas en la placa de entrepiso presentan ocho (8) aceros de $\frac{1}{2}$ " y flejes de $\frac{3}{8}$ ", por lo cual se encontraron dichos elementos sobre el área estudiada, realizando varias veces la toma de datos, en los dos sentidos, horizontal y vertical, como verificación final.

Las zonas estudiadas arrojaron datos sobre los aceros longitudinales y sobre los flejes ubicados en sentido horizontal, permitiendo identificar los aceros de flejes, por lo cual se

concluye que tienen un buen recubrimiento de concreto y su protección puede estar asegurada mientras no se realicen acciones de rehabilitación en estas zonas.

Figura 15 Ensayo de Ferroskan sobre columna en concreto



Fuente: Autores.

Figura 16 Ensayo de Ferroskan sobre columna en concreto



Fuente: Autores.

3.6.2 Carbonatación

El ensayo de carbonatación mediante aplicación directa de Fenolftaleína se realizó sobre zona de columna de concreto de 30 x 30 centímetros, previamente revisada con el Ferroskan. Luego de tomada la muestra, y al aplicar el ensayo, el resultado final es de 2,4 centímetros, lo cual demuestra lo siguiente: el promedio de carbonatación de una estructura es alrededor de 1 a 1,5 mm por año; esta estructura construida en el año 2012 y con exposición total de la placa de entrepiso, esta columna con presenta exposición directa al sol, pero si a lluvia y viento, según lo anterior debería contar con una profundidad de carbonatación de entre 12 a 18 mm, encontrando que su valor es 2,4mm, por lo tanto aún no se acerca a la ubicación de los aceros para provocar afectaciones. Sin embargo, es posible que el acero en algunas otras zonas se pueda encontrar con otros recubrimientos menores, por ende se deben recomendar acciones inmediatas de rehabilitación, que garanticen la protección del acero y lo mantengan pasivado. La alta humedad de Villavicencio también es un factor clave para tomar estas medidas.

En la placa de entrepiso no se realizó este ensayo, pero es la zona más expuesta a los factores externos de erosión climática, por lo cual debe ser el primer elemento a tratar.

Figura 17 Ensayo de carbonatación en núcleo extraído



Fuente: Autores

4. Diagnóstico

El análisis patológico realizado en el centro comercial Sinfonía permitió identificar diversos impactos negativos sobre su estructura, los cuales se describen a continuación:

- I. **Fisuras en muros colindantes:** Se evidencian fisuras de dimensiones no mayores a 0.5 mm, lo que podría indicar movimientos diferenciales, esfuerzos de tracción o retracción de materiales, sin comprometer gravemente la estabilidad, pero sí representando un foco potencial para futuras filtraciones de agua y deterioro.
- II. **Humedades por infiltración y capilaridad:** Se detectaron áreas afectadas por la absorción de agua, tanto por infiltración directa como por acción capilar desde la base de los elementos constructivos. Este problema no solo acelera el deterioro de materiales, sino que también compromete las condiciones de habitabilidad y estética del inmueble.
- III. **Falta de vigas cuchillas en la cubierta:** La ausencia de estos elementos estructurales implica una deficiencia en la transferencia adecuada de cargas hacia los soportes principales, lo que podría derivar en deformaciones excesivas o fallas locales.
- IV. **Cubiertas deterioradas o en mal estado:** Algunas secciones presentan tejas fracturadas o deterioradas, facilitando la entrada de agua al sistema constructivo, lo que intensifica los problemas de humedad y puede generar daños en los elementos subyacentes.
- V. **Columnas con dimensiones de 30 cm x 30 cm afectadas por humedad capilar:** Este fenómeno, asociado a la absorción de agua desde el suelo, compromete la durabilidad del concreto y acelera el proceso de corrosión del acero de refuerzo.
- VI. **Placa de entrepiso al descubierto:** La exposición directa de la placa aumenta su vulnerabilidad frente a agentes ambientales, como la humedad y las variaciones térmicas, incrementando el riesgo de deterioro estructural.
- VII. **Exposición de acero en cabeza de columna:** Se identificó la falta de cobertura en estas áreas críticas, lo que ha facilitado la corrosión de los elementos metálicos, afectando su resistencia y capacidad estructural.
- VIII. **Exposición de aceros en la placa de entrepiso con presencia de oxidación:** La oxidación avanzada en los aceros de refuerzo en el sistema de placa fácil es un

indicador de fallas en la protección del material, lo que compromete la integridad estructural del sistema.

- IX. **Oxidación de perfiles estructurales en la placa de entepiso:** Este problema destaca una deficiencia en la protección de los perfiles metálicos, incrementando el riesgo de pérdida de capacidad portante y afectando la vida útil de la estructura.

Los impactos patológicos identificados en el centro comercial Sinfonía abarcan una combinación de problemas de humedad, deterioro de materiales y deficiencias estructurales, que en conjunto representan una amenaza para la estabilidad y funcionalidad de la edificación. La implementación de la metodología BIM permitirá integrar esta información de manera sistemática para priorizar y planificar las intervenciones correctivas necesarias.

Al considerar el Bloque Nuevo desde su aspecto estructural y no estructural, se consideran los siguientes aspectos más importantes a cumplir desde la normativa de la NSR-10:

4.1 Vulnerabilidad Estructural del paciente:

- I. Presenta una irregularidad en planta debido a su diseño en forma de U, lo que conlleva a una diferencia entre el centro de masa y el centro de rigidez, según lo observado si tiene continuidad de las columnas desde la cimentación hasta la estructura de la cubierta;
- II. La junta sísmica del edificio con las construcciones vecinas, las cuales no superan la altura en dos pisos, deberá revisarse para evitar fallas por movimientos pendulares en periodos distintos y en conjunto con las construcciones vecinas, lo que puede causar falla por Golpeteo de muros durante en la eventualidad de un sismo, en caso de no existir dichas juntas, puede provocarse mayor torsión o desplazamientos horizontales debido al aumento de la masa del conjunto-edificio y sus diferencias de sistemas constructivos en masa y rigidez, es decir, el edificio deberá soportar los posibles problemas de vulnerabilidad sísmica de los edificios contiguos;
- III. No se evidencian fallas en el edificio por causa de asentamientos diferenciales o uniformes en el suelo, posibles fallas en la cimentación, problemas en tuberías y/o

problemas de escorrentías de aguas lluvias, en los andenes alrededor no existe evidencia de licuefacción, deslizamientos, fracturas o similares;

- IV. No es posible verificar el tamaño, el espesor, la cantidad y la distribución de colocación de los flejes de los elementos estructurales: cimentación, columnas, vigas de cimentación y vigas aéreas; sin embargo, de acuerdo a los aceros proyectados para las columnas del segundo piso, que inician en la placa de entrepiso, se observan las cantidades y espesores adecuados para las columnas de 30 x 30 centímetros, esto es 8 varillas de $\frac{1}{2}$ " y flejes de $\frac{3}{8}$ " en cada columna.
- V. En la columnas no se observan problemas estructurales tales como fallas por cortante, aplastamiento, desgaste, carbonatación, corrosión, solo humedades que podrán ser analizados a través de ensayos, además es posible que no se presenten fallas por estabilidad y rigidez de las columnas, al ser de 30cm por 30cm cumplen con el área mínima de 900cm² según NSR-10;
- VI. En las vigas aéreas se presentan las fallas de exposición de aceros a la vista con su consecuente corrosión, y humedades que podrán ser analizados a través de ensayos; el entrepiso o placa de segundo piso es un diafragma que deberá ser analizado dentro de los parámetros de la NSR-10 Título A, A.3.6.8, la reparación de la corrosión en los aceros se practica según Patología y Técnicas de Intervención, páginas 285 y 286: evaluar los daños, asegurar resistencia y estabilidad, eliminar el concreto deteriorado hasta encontrar las partes sanas, comprobar fisuras y hormigoneo del concreto u otros defectos posibles, limpiar la corrosión total de los aceros, evaluar la resistencia del acero luego de la limpieza para evaluar la necesidad de reforzar o sustituir los aceros reparados, por último se debe aplicar el concreto con epóxico que asegure la unión entre concreto viejo y nuevo, que además no permita nuevamente la corrosión de los aceros;
- VII. El techo es un diafragma que deberá ser analizado dentro de los parámetros de la NSR-10 Título A, A.3.6.8 – DIAFRAGMAS – En las zonas de Amenaza Sísmica intermedia y Alta, en el diseño de los pisos y cubiertas que actúan como diafragmas, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

A.3.6.8-1 – La deflexión en el plano del diafragma no debe exceder la deflexión permisible de los elementos que estén adheridos a él. La deflexión permisible debe ser aquella que permita a los elementos

adheridos mantener su integridad estructural bajo las fuerzas impuestas.

A.3.6.8.2 – Los diafragmas de piso o de cubierta deben diseñarse para que sean capaces de resistir las fuerzas causadas por la aceleración en cada nivel, expresada como una fracción de la gravedad, determinada por medio de la siguiente ecuación;

- VIII.** El paciente no presenta muros de carga o portantes debido al sistema constructivo, sin embargo los muros divisorios en bloque de arcilla, ubicados en confinamiento no estructural dentro de las columnas y las vigas, representan un factor de carga en el conjunto estructural;
- IX.** El diafragma de la cubierta, en algunas zonas el edificio presenta falta de techo, lo cual representa discontinuidad, abandono, ingreso de factores ambientales que aceleran el colapso.

4.2 Vulnerabilidad No Estructural del paciente:

- i.** Los muros divisorios del edificio se ubican en dos direcciones perpendiculares, las cantidades de longitudes totales y su ubicación, en cada dirección, deberán ser analizados para su estudio;
- ii.** Muros parapetos en fachada, por encima de las vigas aéreas no tiene, los denominados muros cuchillas son los ubicados encima de las vigas aéreas, tienen la función de soportar el diafragma de la cubierta, por lo general se construyen con un arriostramiento, que según lo observado durante la práctica de la construcción en Villavicencio y zonas cercanas, no se observa que los autoconstructores o constructores informales realicen arriostramientos de estos muros, por lo cual es necesario realizar calzas en los muros para observar la existencia o no de esta posible falla en el diseño no estructural;
- iii.** Los vanos de puertas, ventanas o celosías, las ventanas presentan estado de deterioro, falta de algunas ventanas en la fachadas, por lo cual las humedades representan un riesgo de afectación a la estructura, en una zona del paciente se observa un refuerzo de un marco de ventana, caso aislado no aplicado a la totalidad del edificio, debe observarse con detenimiento y análisis las posibles

fisuras y grietas surgidas a partir de vanos de puertas y ventanas, su posible evolución a lo largo del año 2024;

- iv. No se observa presencia de algún tipo de cieloraso, tampoco existen líneas marcadas o presencia de humedades que hayan sido formadas por presencia de cieloraso, por lo cual se concluye que no existió instalación de este tipo, el cual permitiría que el edificio reduzca la temperatura ambiente, que permita el paso de tuberías internas, por lo tanto se recomendará la instalación de un sistema de cieloraso que permita ventilación del edificio, posiblemente mediante el uso de la ventilación tipo sifón debido a la forma en U del conjunto;
- v. Los sistemas de instalaciones hidráulicas, sanitarias, aguas lluvias, eléctricas, de gas, aire acondicionado, de datos, deberán ser revisados para establecer el cumplimiento de sus requerimientos frente a las normas actuales en cuanto a materiales, ubicación, distancias, afectación a elementos sean estructurales o no, RETIE; equipos y mobiliarios no presenta, debido a su estado en abandono, deberá evaluarse la disposición de los elementos en cubierta y en segundo piso, que puedan presentar caídas súbitas.

“Muchas de las manifestaciones patológicas por exposición ambiental son agrietamientos superficiales en forma de tela de araña, descascaramientos, desconchamiento y desintegración. Los agrietamientos debidos a reacción alcalina están acompañados usualmente de exudación de un gel blancuzco de sílice” Tomado de Enciclopedia Broto de Patología de la Construcción, 2006.

En general, al considerar la estructura del Bloque Nuevo del Centro Comercial, encontramos que se encuentra en BUENAS CONDICIONES físicas y mecánicas. Sin embargo, al considerarlo desde el punto de vista químico, se encuentra en REGULARES CONDICIONES ya que el concreto y los aceros han tenido exposición durante cerca de 12 años al clima exterior sin ningún tipo de protección, por lo cual ha resistido cambios de temperatura, épocas prolongadas de lluvias, de sol y de vientos, además de una humedad relativa alta, lo que ha provocado lesiones en forma de indicios de meteorización, decoloración, y aparición de porosidades en la capa exterior del concreto.

5 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Desarrollamos el plan de intervención estructurado que, mediante la implementación de la metodología BIM, permita priorizar y ejecutar reparaciones en el centro comercial Sinfonía, optimizando recursos y garantizando la estabilidad y funcionalidad de la edificación.

5.1 Etapas del plan de acción:

Análisis técnico y priorización de reparaciones: Evaluación del impacto de cada patología en la seguridad estructural y funcionalidad del edificio, predecir su impacto a corto y largo plazo. Establecimiento de un orden de intervención basado en criterios de seguridad, urgencia y costo-eficiencia.

5.2 Ejecución de intervenciones de acuerdo a su prioridad

Prioridad alta: Reparación de elementos que afectan la estabilidad estructural y protección contra agentes externos (cubiertas deterioradas, exposición de aceros y oxidaciones críticas).

Exposición de acero en cabeza de columna y en placa de entrepiso con presencia de oxidación: La corrosión del acero de refuerzo es una de las principales causas de debilitamiento estructural, comprometiendo la capacidad portante de columnas y placas. Si no se aborda, puede generar fallas críticas, especialmente en zonas con cargas concentradas.

Oxidación de perfiles estructurales en placa de entrepiso (sistema placa fácil): La corrosión en estos perfiles compromete la estabilidad del sistema de entrepiso, aumentando el riesgo de colapso parcial y afectando la seguridad de las personas.

Falta de vigas cuchillas en la cubierta: Estas vigas son elementos clave para la distribución adecuada de cargas en la cubierta. Su ausencia incrementa el riesgo de deformaciones y sobrecargas en elementos secundarios, comprometiendo la estabilidad del sistema.

Cubiertas o tejas en mal estado (deterioradas o fracturadas): Las cubiertas en mal estado permiten la infiltración de agua, lo que agrava las patologías existentes (humedades y corrosión) y genera condiciones adversas para los ocupantes del edificio.

Prioridad media: Reparaciones de fisuras y humedades por capilaridad en columnas y muros.

Humedades por infiltración y capilaridad: La humedad afecta tanto el concreto como los materiales de acabado, acelerando el deterioro general. Aunque no es un problema inmediato de seguridad, es esencial tratarlo para prevenir daños mayores, como la expansión de la corrosión en refuerzos metálicos.

Columnas de 30 cm x 30 cm con humedad por capilaridad: La absorción capilar compromete la durabilidad de las columnas al deteriorar la matriz de concreto y aumentar la corrosión del refuerzo. Su tratamiento asegura la prolongación de la vida útil de estos elementos críticos.

Prioridad baja: Intervenciones estéticas y correctivas menores que no comprometen la funcionalidad inmediata.

Placa de entepiso al descubierto: Aunque la exposición no genera un impacto inmediato en la estabilidad, representa una vulnerabilidad frente a agentes externos. El recubrimiento adecuado es clave para garantizar la durabilidad.

Fisuras en muros colindantes (≤ 0.5 mm): Estas fisuras son menores y, en su estado actual, no comprometen la estabilidad estructural. Sin embargo, se deben sellar para evitar filtraciones futuras y mejorar la estética y funcionalidad del inmueble.

Supervisión y monitoreo: Seguimiento en tiempo real de las reparaciones mediante el modelo BIM, actualizando los avances y detectando posibles desviaciones.

Generación de reportes automáticos para evaluar el cumplimiento del cronograma.

Documentación final y mantenimiento preventivo: Consolidación del plan de mantenimiento basado en las reparaciones realizadas

6 CRONOGRAMA

El cronograma relacionado a continuación muestra las etapas iniciales y finales del estudio patológico, esperando que las acciones se realicen y el edificio cuente con funcionamiento seguro y durable.

Mes	Semana	Actividad	Descripción
-----	--------	-----------	-------------

Mes	Semana	Actividad	Descripción
Mes 1	Semana 1-2	Diagnóstico final y planeación detallada	Revisión exhaustiva de datos patológicos existentes, ajustes al plan de intervención, contratación de personal y adquisición de materiales.
	Semana 3-4	Planeación y logística	Actualización de prioridades, definición de cronograma detallado y logística de intervención.
Mes 2	Semana 1-2	Reparación de aceros expuestos y oxidados	Aplicación de tratamientos anticorrosivos y restauración de secciones dañadas en cabeza de columna y placa de entrepiso.
		Reparación de perfiles estructurales oxidados en sistema placa fácil	Intervención de elementos metálicos afectados, reforzamiento y protección.
	Semana 3-4	Instalación de vigas cuchillas en la cubierta	Redistribución adecuada de cargas mediante la instalación de vigas faltantes.
		Rehabilitación de cubiertas o tejas deterioradas	Reparación o reemplazo de tejas fracturadas y mejora del sistema de impermeabilización.
Mes 3	Semana 1-3	Continuación de reparaciones de cubiertas	Aseguramiento de la impermeabilización y refuerzo de áreas tratadas.
	Semana 4	Inspección general	Validación de la calidad de los trabajos realizados.
Mes 4	Semana 1-2	Tratamiento de humedades por infiltración y capilaridad	Aplicación de selladores hidrófugos y revestimientos impermeables en columnas y muros.
	Semana 3-4	Reparación de columnas de 30x30 cm	Tratamiento de columnas afectadas por capilaridad para prolongar su vida útil.
Mes 5	Semana 1-2	Recubrimiento de la placa de entrepiso al descubierto	Protección de superficies expuestas contra agentes externos.

Mes	Semana	Actividad	Descripción
		Sellado de fisuras menores (≤ 0.5 mm) en muros colindantes	Sellado para evitar filtraciones futuras y mejorar la estética del inmueble.
	Semana 3	Supervisión final	Validación del estado final de las intervenciones realizadas.
	Semana 4	Documentación y mantenimiento preventivo	Elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en las reparaciones realizadas y consolidación de reportes técnicos.

7 PRESUPUESTO

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal	Descripción
Materiales					
Acero para refuerzo (60,000 PSI)	Kilogramo	500	3,849	1,924,500	Refuerzo en zonas con oxidación y exposición crítica.
Concreto (3500 PSI)	Metro cúbico	15	342,068	5,131,020	Reparación de columnas y áreas críticas de cimentación.
Mortero 1:4 (arena de río)	Metro cúbico	20	396,870	7,937,400	Reparación de acabados y aplicación en humedades de columnas y muros.
Revoque con malla	Metro cuadrado	150	39,730	5,959,500	Reparación de muros con fisuras y refuerzo

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal	Descripción
					estructural.
Cubiertas o tejas nuevas	Unidad	500	80,000	40,000,000	Sustitución de cubiertas deterioradas en áreas críticas.
Mano de obra					
Maestro de obra	Jornada (día)	100	75,000	7,500,000	Dirección técnica y trabajos especializados en reparación estructural.
Ayudante de construcción	Jornada (día)	100	50,000	5,000,000	Apoyo en reparaciones menores y preparación de áreas de trabajo.
Supervisión técnica	Mes	5	3,000,000	15,000,000	Control de calidad y seguimiento al avance de las reparaciones.
Intervenciones específicas					
Reparación de aceros expuestos y oxidados	Global	1	8,500,000	8,500,000	Aplicación de anticorrosivo, refuerzo y recubrimiento de áreas afectadas.
Reparación de perfiles oxidados en placas	Global	1	7,000,000	7,000,000	Refuerzo y protección del sistema de entepiso.
Tratamiento de humedades	Global	1	15,000,000	15,000,000	Reparación en columnas y muros afectados por

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal	Descripción
					capilaridad e infiltraciones.
Reparación de fisuras en muros	Global	1	3,000,000	3,000,000	Sellado de fisuras menores para evitar deterioros futuros.
Totales				126,438,920	

8 RESULTADOS ESPERADOS

1. **Estabilidad estructural restaurada:** Intervenciones prioritarias completadas.
2. **Corrección de humedades:** Mitigación de infiltraciones y capilaridad en columnas y muros.
3. **Aumento de durabilidad:** Protección de elementos críticos mediante recubrimientos adecuados.
4. **Mejora estética y funcional:** Reparaciones finales de fisuras y superficies expuestas.
5. **Plan de mantenimiento:** Estrategia preventiva para evitar nuevas patologías.

9 BIBLIOGRAFÍA

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, (2010) Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo – Resistente, NSR -10. Bogotá.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (2011). Guía de Patologías Constructivas, Estructurales y No Estructurales. Bogotá, Colombia: Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá – FOPAE

Broto, Charles (Links International, 2005). Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción.

Broto, Charles (2006). Patología de los materiales.

Elguero, Ana María (2004). Patologías Elementales.

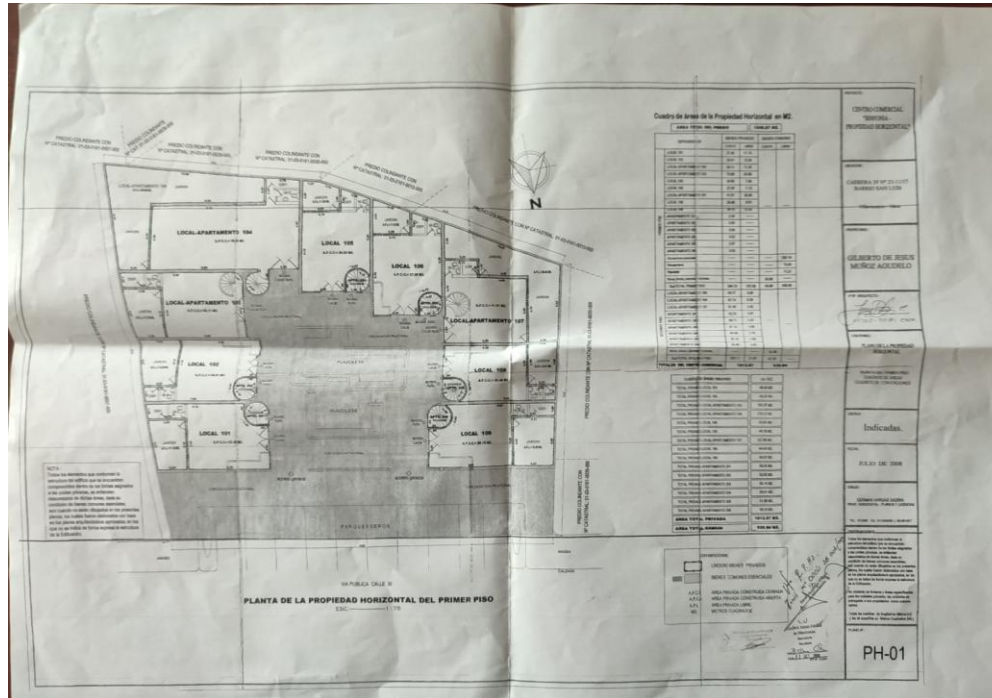
Método Rehabimed (2007), Arquitectura Tradicional Mediterránea, II. Rehabilitación. El edificio.

Vargas, Fredie (2016). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para viviendas y edificios comerciales menores en el área central de Pérez, Zeledón, Costa Rica.

Coscollano, José (2003). Restauración y rehabilitación de edificios.

10 ANEXOS

Anexo 1. Documentación existente, Planta arquitectónica del Primer Piso.



Anexo 2. Documentación existente, Planta arquitectónica del Segundo Piso.

