

Estudio patológico para intervención Centro Regional de Víctimas CRAVIC

Presentado por:

José German Martínez

Asesor:

Mag. Osmar Albert Gamba

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Especialización en Patología de la Construcción

2025

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	3
Abstract	4
1. Historia Clínica	5
1.1 Datos Generales del Paciente.	5
1.2 Infraestructura Prevista.....	5
1.3 Importancia del Paciente Según NSR-10.	6
1.4 Ubicación.....	6
2. Metodología.....	6
3. Análisis de Datos	8
4. Diagnóstico.....	10
5. Propuesta de Intervención.....	12
6. Análisis de Vulnerabilidad Sísmica	13
7. Cronograma.....	17
8. Presupuesto	18
9. Resultados.....	18
10. Bibliografía.....	20
11. Anexos.....	21

Resumen

Este estudio diagnostica la estructura del Centro Regional para la Atención de Víctimas (CRAVIC) en Ibagué, Tolima, una edificación de seis años. Concebido para víctimas del conflicto armado mediante convenio local y nacional, su construcción (1150 m²) (ver Imagen 1. Planos arquitectónicos del proyecto) iniciada en 2019 solo avanzó un 24% para marzo de 2020. En los bloques A y B se completaron cimentación, contrapiso, columnas y armados de viga con refuerzos expuestos. El bloque C presentaba cimentación, columnas, vigas aéreas y placas fundidas. La pandemia de COVID-19 y sobre costos por inactividad llevaron a la liquidación del contrato y su actual inoperatividad. Este trabajo comprende un análisis exhaustivo de las patologías identificadas, incluyendo humedades, fisuras, corrosión en aceros expuestos, degradación de materiales atribuible a factores ambientales y detalles sismorresistentes. Para llevar a cabo esta evaluación, se realizó inspección visual de campo, complementadas con documentación fotográfica, análisis técnicos y ensayos, lo que permitió establecer el estado actual del edificio y determinar las causas fundamentales de los daños observados. A partir de los hallazgos obtenidos, se propone que, dada la magnitud del déficit de resistencia y la necesidad de corregir la clasificación sísmica, la demolición y reconstrucción se perfilan como la opción más viable. Esta recomendación se fundamenta en la relación costo-beneficio y la incertidumbre respecto a la efectividad de un reforzamiento extenso en un material de base deficiente, a fin de mitigar riesgos en caso que se proyecte reiniciar la presente obra.

Palabras clave: inspección visual, recolección información técnica, ensayos no destructivos, ensayos destructivos

Abstract

This study focuses on the structural diagnosis of the Regional Center for the Attention of Victims (CRAVIC) in Ibagué, Tolima, a six-year-old building. Originally designed to attend to the victims of the armed conflict in the region, it was initiated through an agreement between the Mayor's Office of Ibagué and the National Center for Attention to Victims. However, the construction, whose area covers 1150 mts² started in 2019, only reached 24% progress as of March 2020. At this point, in blocks A and B only the foundation, subfloor slab at foundation level, additionally the casting of column type elements and the reinforcement of beam type elements Were built, evidencing the exposure of these reinforcements, while in block C the reinforcement and casting of foundation beams, columns, overhead beams and overhead slabs is evidenced. This limited progress led to the liquidation of the contract due to the COVID-19 pandemic and, subsequently, to cost overruns associated with the prolonged inactivity, which explains its current inoperative state. This work includes an exhaustive analysis of the pathologies identified, including dampness, cracks, corrosion in exposed steel and degradation of materials attributable to environmental factors and seismic-resistant details. To carry out this assessment, a visual field inspection was performed, complemented with photographic documentation, technical analysis and tests, which allowed us to establish the current state of the building and determine the root causes of the observed damage. Based on the findings obtained, it is proposed that, given the magnitude of the resistance deficit and the need to correct the seismic classification, demolition and reconstruction are the most viable option. This recommendation is based on the cost-benefit ratio and the uncertainty regarding the effectiveness of extensive reinforcement on a deficient base material, in order to mitigate risks in the event that the present work is to be restarted.

Keywords: visual inspection, technical data collection, nondestructive testing, destructive testing, destructive testing

1. Historia Clínica

En el siguiente apartado se describir la situación del paciente, el cual no se desarrolló en su totalidad, evidenciando inconsistencias en diseños y ejecución.

1.1 Datos Generales del Paciente.

Nombre del Edificio: Centro Regional para la Atención de Víctimas-CRAVIC. Construcción: Inicio de construcción en 2019. Consorcio Betar Ibagué, a marzo de 2020 solo se había ejecutado un 24%. Lo que llevo a la liquidación del contrato por efectos de COVID sin la continuidad de este proyecto.

Sistema Constructivo: Los edificios del centro regional para la atención de víctimas-CRAVIC de la ciudad de Ibagué, Tolima, cuenta con un sistema de pórticos en concreto hidráulicos resistentes a momento, formado mediante la unión de vigas y columnas.

1.2 Infraestructura Prevista.

El centro regional para la atención de víctimas-CRAVIC de la ciudad de Ibagué Tolima, el cual cuenta con un área de 1150 mts². fue necesario adelantar un estudio de patología y/o conocimiento de la edificación, con el fin de valorar las propiedades de los materiales y evaluar estado de la estructura.

Se pudo observar que las edificaciones iniciaron su etapa de construcción de la estructura, pero esta no fue terminada en su totalidad en los distintos bloques A, B y C. Para el edificio A y B se realizó la construcción de la cimentación y losa de contrapiso a nivel de cimentación de los bloques, adicionalmente la fundida de los elementos tipo columna y el armado de los elementos tipo viga, evidenciándose la exposición de estos refuerzos (ver Imagen 2. Exposición de Refuerzo Viga aérea Bloque B eje 1)

Para el bloque C, se evidencia el armado y fundida de vigas de cimentación, columnas, vigas aéreas y placas aéreas. Se realizaron ensayos no destructivos como: inspecciones oculares y verificación de ubicación de refuerzos tanto transversales como longitudinales por medio del detector de refuerzo, igualmente se realizaron ensayos destructivos consistentes en extracción de núcleos y realización de regatas en elementos estructurales para el reconocimiento de los refuerzos existentes, así como también su estado.

1.3 Importancia del Paciente Según NSR-10.

La clasificación del Centro Regional como una edificación de importancia moderada según la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10) en su capítulo A.2.5, implica que su diseño debe cumplir con requisitos específicos para garantizar la seguridad estructural frente a eventos sísmicos. Dado que se encuentra en una Zona Sísmica 4, edificación de ocupación especial (grupo II / Edificios Gubernamentales), que es una de las áreas de mayor actividad sísmica en Colombia, la normativa exige que la construcción tenga una resistencia adecuada para soportar movimientos telúricos sin comprometer la integridad de la estructura ni la seguridad de sus ocupantes. Esto significa que el diseño debe prever refuerzos estructurales, materiales adecuados y técnicas de construcción que minimicen el riesgo de daños graves en caso de un sismo fuerte.

1.4 Ubicación.

El Centro Regional para la Atención y Reparación de Víctimas (CRAVIC) se ubica en la Carrera 8ª sur N°46 – 90, Zona Industrial El Papayo, Ibagué, Tolima. Su localización, colindante con puntos de referencia específicos, lo expone a factores ambientales críticos que exigen atención en diseño, operación y protección.

Principalmente, destaca el alto riesgo sísmico de Ibagué, situada en una zona de tectónica compresiva con fallas activas como la de Ibagué (que cruza la ciudad) y la de Pan de Azúcar. Esta proximidad incrementa la susceptibilidad del CRAVIC a temblores, haciendo imperativo el cumplimiento de normas sismorresistentes y la elaboración de planes de emergencia.

Además, la región tropical del Tolima implica vulnerabilidad a lluvias frecuentes, que pueden causar inundaciones (en áreas bajas o con mal drenaje) y problemas de salubridad por humedad constante (proliferación de moho y hongos, afectando la calidad del aire y la salud de los usuarios).

2. Metodología

La Tabla I (ensayos propuestos) presenta la evaluación estructural del Centro de Atención a Víctimas en la Zona Industrial El Papayo, Ibagué, Tolima. El análisis integral, basado en normativas técnicas (NSR-10, NTC 4017, NTC 2289) y métodos como inspección visual, revisión documental y ensayos, revela deficiencias significativas en diseño y construcción, clasificando la estructura como "Mala". Las principales patologías incluyen baja resistencia del concreto (con un

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

déficit del 14.3% al 37.1% respecto al diseño de 17.5 MPa, incumpliendo la NSR-10), desgaste excesivo del contrapiso y presencia de vegetación y hongos, factores que comprometen la durabilidad del inmueble.

Tabla 1
Ensayos propuestos

Etapa	Descripción	Instrumentos Utilizados	Resultados Esperados
Etapa 1: Inspección visual inicial	En esta fase preliminar se hace la revisión documental técnica, y la inspección visual detallada fundamentales para comprender la configuración estructural del edificio.	Cámara fotográfica, linterna, flexómetro, inspección y análisis de defectos en concreto y acero (según Normas Técnicas NTC 6731 cap. 5, 6 y NTC 4025).	La revisión documental junto con la inspección visual permite identificar el diseño estructural y diagnosticar preliminarmente el estado constructivo, localizando zonas críticas y orientando futuras inspecciones especializadas.
Etapa 2: Evaluación detallada mediante ensayos no destructivos	Se emplearán técnicas no invasivas para evaluar el estado del concreto y del acero de refuerzo y otras patologías sin comprometer la integridad estructural	Lupa y linterna, Esclerómetro (según ASTM C805) estimando la resistencia a la compresión; Pacómetro o Ferroskan (según NTC 2289); Norma NTC 6731	Identificar y medir defectos en el concreto, estimar su resistencia superficial, verificar la ubicación y protección del acero, y determinar su riesgo de corrosión, detectando áreas problemáticas.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Etapa	Descripción	Instrumentos Utilizados	Resultados Esperados
Etapa 3: Evaluación detallada mediante ensayos destructivos.	Análisis de núcleos de concreto y muestras de acero para determinar resistencia y propiedades reales. Permite una evaluación precisa de la integridad y calidad estructural	1. Ensayo de núcleos de concreto (NTC 673) 2. Ensayo de acero de refuerzo (NTC 2289, NTC 161. (ver tabla 2 Corrosión del acero)	Se extraerán cilindros de concreto y muestras de acero para evaluar su resistencia y alargamiento, comparando los resultados con los requisitos de la NSR-10, Título C, y la NTC 2289, garantizando cumplimiento estructural.

3. Análisis de Datos

La Tabla 2 presenta un análisis estructural del Centro de Atención de víctimas en Ibagué, Tolima, basado en datos obtenidos mediante métodos técnicos. Se evaluaron la resistencia del concreto, el cumplimiento normativo, las condiciones ambientales y el estado general de la estructura. Los resultados evidencian deterioro significativo por deficiencias en diseño y construcción, baja resistencia del concreto frente a la NSR-10, y presencia de patologías como corrosión, desgaste y vegetación. Además, se identificaron condiciones ambientales adversas, como alta humedad y agentes biológicos que agravan el daño. En conjunto, estos hallazgos reflejan un incumplimiento crítico de la normativa vigente y un riesgo estructural elevado, lo que exige intervenciones correctivas urgentes

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Tabla 2
Análisis de datos

Aspecto Analizado	Datos Recopilados	Métodos de Análisis	Resultados del Análisis
Estado del paciente: Centro de Atención a Víctimas.	Construcción incompleta (24%) con defectos. Corrosión en 15 varillas (NSR-10/NTC 2289 – ver anexo Tabla 10). Porosidad (6 muestras), manchas, eflorescencias y desgaste severo en contrapiso.	Revisión de documentación e historial del edificio, inspección visual según ASTM C823 / C823M Análisis de Refuerzos según normativas aplicables (NTC 2289 en Colombia, ASTM A615).	El análisis confirma un deterioro grave por anomalías en diseño, construcción, corrosión y porosidad comprometen estabilidad/ seguridad. Estructura MALA
Resistencia del Concreto	Ensayos Destructivos: revelan baja resistencia del concreto (11-15 MPa vs. 17.5 MPa diseño), incumpliendo NSR-10 Ensayos No Destructivos (Esclerometría): 10 puntos ensayados (INV E 413 – 13/NSR10-C)	Resistencia real (11-15 MPa) < diseño (17.5 MPa). Déficit: 14-37%. Vulnerabilidad estructural (NSR-10 A.3) Esclerometría (ASTM C805) correlacionada con núcleos (NTC 673/ASTM C42) según NSR-10 C.3.5.4. (ver tabla 4)	Riesgo estructural/sísmico. Esclerometría sugiere falla mezcla/fundida. De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencia un Incumplimiento grave NSR-10.
Cumplimiento Normativo (NCR 10)	La carbonatación es baja (<6 mm), el concreto no cumple con la resistencia ni durabilidad. Se detectan fallas estructurales según	Se compararon los datos con la NSR-10 para detectar fallas estructurales se evidenció pérdida de durabilidad (NTC 6731). Resistencia	Baja resistencia, durabilidad limitada, carbonatación baja (riesgo futuro por humedad). Aplicación parcial de la norma.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Aspecto Analizado	Datos Recopilados	Métodos de Análisis	Resultados del Análisis
	la NSR-10. Solo hay cumplimiento parcial de la NSR-10 (Títulos A, C, H) y las NTC 673 y 2289."	incumpliendo la NSR-10 y la NTC 673	(ver anexos tabla 11, Longitud frente carbonatación)
Condiciones Ambientales	Humedad elevada (77-83%), lluvias intensas (797 mm/año), presencia de hongos y vegetación que retienen humedad y liberan ácidos.	Análisis de impacto ambiental: humedad, agentes biológicos y carbonatación.	Deterioro acelerado por humedad. Aunque la carbonatación es baja, la humedad aumenta el riesgo futuro de corrosión.

4. Diagnóstico

La evaluación técnica detallada, conforme a la NSR-10 (AIS, 2010), revela el siguiente estado: Columnas con refuerzo estructural aceptable; vigas con problemas de compactación del concreto, un factor que según Mehta y Monteiro (2014) reduce la durabilidad y resistencia; y losas con desgaste superficial, acumulación orgánica y deterioro por humedad, patologías comúnmente asociadas a la falta de mantenimiento y exposición ambiental (Mínguez et al., 2018). Críticamente, la resistencia del concreto (ensayos de núcleos) se encuentra por debajo del mínimo normativo, indicando un incumplimiento grave de la NSR-10 y un alto riesgo sísmico (Saravia, 2017). En consecuencia, se determina que el reforzamiento no es viable, recomendándose la demolición total como la solución más segura (CEN, 2004)

Tabla 3
Diagnóstico

Aspecto Analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
BLOQUE A, B Y C Columnas	Inspección de refuerzo: acero sin pérdida significativa ni descomposición; corrosión y variación de diámetro esperadas por exposición ambiental.	Refuerzo: revisión en 15 columnas, sin pérdida significativa de área (<5%). Carbonatación:, sin problemas en zonas expuestas.	Medición detallada de carbonatación para estimar vida útil. Comparar con límites estructurales
BLOQUE A, B, Y C - Vigas	Corrosión química en vigas por exposición y humedad. Refuerzo expuesto y oxidado; armado fundido de varios elementos.	Inspección en 20 vigas: acero estructural conforme, recubrimiento adecuado, corrosión menor al 5%. Problemas de vacíos y mala compactación afectan resistencia.	Reparar recubrimiento, limpiar y proteger acero expuesto, reparar hormigón poroso, limpiar y reutilizar aceros desmontados .
BLOQUE A, B Y C - Losas	Desgaste excesivo, acumulación de materia orgánica y humedad, estado regular.	Problemas de durabilidad, humedad favorece moho/vegetación y afecta protección del acero.	Limpieza regular con biocida, sellado antimicrobiano, mejorar ventilación, evaluar y reparar desgaste, proteger acero.
CUMPLIMIENTO NORMATIVO (NSR - 10 A/ 10.2)	Ensayo de Compresión de Núcleos. Cuantifica resistencia actual del concreto. Requisitos: Diseño (f_c' : 21 MPa), mínimo NSR-10 (17 MPa para elementos sísmicos). Incumplimiento: 18 de 20 núcleos	Riesgo Sísmico: alto % núcleos no conformes = problema grave. ncumplimiento NSR-10 Crítico (resistencia insuficiente para seguridad sísmica) Potencial de Daño/Colapso: Alto	Concreto incumple resistencia mínima NSR-10. Reforzamiento inviable (baja resistencia impide ductilidad/estabilidad sísmica, especialmente nudos viga-columna). No se recomienda análisis de reforzamiento ni

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Aspecto Analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
	ensayados no cumplen diseño ni norma. Ver anexo Tabla 6) Extracción de núcleos		costo-beneficio de rehabilitación por inviabilidad técnica..

5. Propuesta de Intervención

La Tabla 4 Propuesta de Intervención detalla las acciones recomendadas para abordar los problemas estructurales de los bloques A, B y C. En las columnas, se propone una demolición estructural total debido al incumplimiento de la resistencia mínima del concreto (17.5 MPa según la NSR-10). Esta intervención busca mitigar riesgos sísmicos, garantizando la seguridad de la edificación. Se especifica el uso de equipos como retroexcavadora, martillo neumático y oxicorte, junto con medidas de seguridad para los operarios y terceros. En las vigas y losas, la propuesta incluye la demolición controlada debido a la pérdida de durabilidad del concreto, causado por la biorreceptividad y la falta de resistencia en los elementos de apoyo. El objetivo es reconstruir con materiales y técnicas que cumplan con la normativa vigente, asegurando la integridad estructural a largo plazo y la seguridad sísmica del edificio.

Tabla 4

Propuesta de Intervención

Área / componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Bloque A B Y C - Columnas	Demolición Estructural (M³): Incluye: Demolición (sin carga, estructura apuntalada), corte de armaduras, fragmentación, retiro de escombros, limpieza. Seguridad: Medidas según estudio de seguridad	Diagnóstico: Resistencia del concreto inferior al mínimo NSR-10 sísmico (17.5 MPa). Mitigar riesgos mediante demolición total

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Área / componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Bloque A, B Y C - Vigas	(operarios, terceros), control de polvo/incendios. Equipo: Herramienta menor, retroexcavadora (martillo), oxicorte, martillo neumático, otros necesarios. Normativa: Andamios (NTC 2257), excavaciones (NTC 4114), caídas (NTC 2050), señalización (NTC 1461), EPP.	de columnas y vigas (Bloques A, B, C). Justificación Demolición: Incumplimiento NSR-10 (Título C: C.3.4 diseño, C.21 sísmico), afectando durabilidad (C.4) y seguridad sísmica (Título A),
Bloque A, B Y C – Losas	Demolición Losa Maciza ($\leq 20\text{cm}$): Previo: Retirar objetos/materiales peligrosos. Ejecución: Replanteo, demolición, corte acero, fragmentación, retiro escombros, limpieza. Equipo: Retroexcavadora (martillo), oxicorte, neumático (previo levante de piso/base).	Demoler por incumplimiento de resistencia en apoyos (columnas/vigas - demolición previa) y pérdida de durabilidad del refuerzo por biorreceptividad del concreto, comprometiendo integridad a largo plazo.

6. Análisis de Vulnerabilidad Sísmica

A continuación, se presentan las tablas de análisis y la matriz de vulnerabilidad, detallando los resultados obtenidos y los riesgos identificados.

Tabla 5
Análisis de Vulnerabilidad

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	
Ubicación	Carrera 8 A Sur No. 46-90 Sector El Papayo de la ciudad de Ibagué en el departamento de Tolima. Geográficamente, la ciudad se encuentra a 4° 27' de latitud norte y 75° 15' de longitud oeste; la altura promedio es 1.285 msnm, con temperatura, también promedio, de 21 °C y 2.217 mm de precipitación anual (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, 1980)

descripción geológica	Dado que Ibagué se encuentra en la región sísmica 4, y considerando que el suelo es de tipo C, las estructuras en esta área deben diseñarse para soportar fuerzas sísmicas significativas. Los valores de Aa y Av de 0.20 reflejan una aceleración sísmica considerable, lo que exige un diseño sismorresistente robusto.
Histórico de sismos	El sismo más grande que ocurrió en o cerca de Ibagué durante los últimos 10 años fue un terremoto de magnitud 4.6 que golpeó al Tolima Colombia, hace 7 años el domingo 30 jul 2017 a las 00:40 hora local (América/Bogotá GMT -5). El sismo ocurrió a 23 km de distancia al sur de Líbano y a 10 km de profundidad.
vecinos colindantes	Fiscalía General de la Nación, medicina legal, bomba de servicio Terpel Sector El Papayo de la ciudad de Ibagué en el departamento de Tolima.
sistema constructivo	sistema estructural de pórticos resistentes a momento de reforzado conformado por vigas amarradas por elementos verticales conformados por columnas, la estructura es de un nivel
Materiales	Concreto Reforzado Columnas. Concreto Reforzado Cimentación, placas y vigas. Acero de Refuerzo
Cimentación	El sistema de cimentación consiste en columnas apoyadas sobre zapatas aisladas enlazadas
	con vigas de amarre en ambos sentidos, en concreto reforzado
sistema estructural	Concreto reforzado.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Tabla 6
Matriz de Vulnerabilidad

MATRIZ DE VULNERABILIDAD SÍSMICA CUALITATIVA			
1. FACTORES ESTRUCTURALES			
Criterio	Evaluación (Alta/Media/Baja)	Normativa de Referencia	Observaciones
Configuración en planta (Regularidad, simetría)	Estructura de un nivel con pórticos, configuración en planta regular y simétrica, generalmente favorable. Vulnerabilidad baja por este factor.	Título A Capítulo A.3 (Zonificación sísmica), Capítulo A.6 (Configuración estructural), NSR-10.	El análisis se centra en la regularidad y simetría de la planta. Si existen patologías, se deben analizar por separado
Configuración en Altura (Discontinuidades, masa)	Un nivel, sin discontinuidades ni masas concentradas. Vulnerabilidad baja por este aspecto	Capítulo A.3 (Zonificación sísmica), Capítulo A.6 (Configuración estructural), NSR-10.	La configuración en altura es adecuada; no se identifican deficiencias ni masas concentradas que aumenten la vulnerabilidad.
Sistema resistente (Pórticos, muros, dual)	Sistema de pórticos; vulnerabilidad media por dependencia exclusiva de este sistema.	Capítulo A.3 (Zonificación sísmica), Título C (Concreto estructural), NSR-10	Justificación basada en cargas verticales y capacidad del suelo. Separación de pórticos puede influir en la rigidez.
Detalles Sismo resistentes (armaduras, conexiones)	Deficiencia en disposición y anclaje de refuerzo, clasificación como Grupo II (Normal) en vez de Grupo III (Especial). Vulnerabilidad alta.	Reglamento colombiano NSR-10, Título A (Requisitos generales), clasificación de grupos sísmicos.	Clasificación incorrecta del grupo sísmico y deficiencias en detalles aumentan la vulnerabilidad estructural.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Criterio	Evaluación (Alta/Media/Baja)	Normativa de Referencia	Observaciones
Daños Preexistentes (fisuras, deformaciones)	Daños visibles en elementos estructurales principales; calificación de estado: malo. Vulnerabilidad alta.	Capítulo A.4 (Calidad de los materiales), NTC para concreto estructural (NTC 3318, NTC 4025), NSR-10.	Daños afectan la capacidad sísmica; la presencia de fisuras y deformaciones es crítica y debe ser atendida prioritariamente.

Tabla 7
Cimentación y suelo

2. CIMENTACIÓN Y SUELO			
Criterio	Evaluación	Normativa	Observaciones
Tipo de cimentación (Zapatas, pilotes)	La cimentación es de Zapatas Aisladas. Con un tamaño mínimo de zapatas de 0.80 m por construcción.	Normativa NSR-10 (Cimentaciones): Título H - Cimentaciones: Requisitos diseño y construcción. H.3: Diseño general (dimensiones, cargas, seguridad). H.4: Cimentaciones superficiales (zapatas). H.6: Diseño geotécnico (condiciones lbagué). Título H - Estudios Geotécnicos: Definición perfil Tipo C (clasificación suelos por velocidad onda de corte y propiedades).	Las zapatas se dimensionaron de tal forma que se obtengan presiones de contacto menores a 20.00 t/m ² , que es la capacidad portante del suelo según el perfil de suelo tipo C.
Condiciones del Suelo (licuación, asentamiento)	El perfil de Suelo es Tipo C. El terreno está conformado por suelos finos sin nivel freático, por lo tanto, el potencial de	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, específicamente en el Título H - Estudios Geotécnicos. El perfil Tipo C está definido en el Título H de la NSR-10, que establece los criterios para clasificar los suelos	El suelo de cimentación son suelos arcillosos con algo de contenido de arenas, por lo tanto, el suelo no es dispersivo o erosionable.



8. Presupuesto

El presupuesto detalla los recursos necesarios, desde materiales hasta mano de obra y equipos, donde se especifica de manera clara el paso a paso que se llevará a cabo la planificación para culminar la demolición del Centro Regional de Víctimas.

Tabla 9
Presupuesto

PRESUPUESTO					
No.	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,01	Localización y replanteo	m ²	1075,00	\$ 6.917,18	\$ 7.435.968,50
1,02	Construcción centro de acopio acero limpiado	m ²	24,00	\$ 168.759,16	\$ 4.050.219,84
1,03	Limpieza de acero no utilizado en obra	kg	12817,00	\$ 1.458,54	\$ 18.694.107,18
1,04	Alquiler de baño portátil	mes	1,00	\$ 618.681,00	\$ 618.681,00
1,05	Red eléctrica provisional a campamento	un	1,00	\$ 463.091,69	\$ 463.091,69
	TOTAL PRELIMINARES				\$ 31.262.068,21
2	EXCAVACIONES				
2,01	Limpieza de material orgánico en obra	m ²	1075,00	\$ 5.623,13	\$ 6.044.864,75
2,02	Excavación mecánica en material común y conglomerado	m ³	833,00	\$ 12.861,44	\$ 10.713.579,52
2,03	Cargue a máquina, retiro y disposición final de sobrantes hasta 24 kms	m ³	99,00	\$ 50.066,89	\$ 4.956.622,11
	TOTAL EXCAVACIONES				\$ 15.670.201,63
3	DEMOLICIONES ESTRUCTURALES				
3,01	Demolición de losa maciza aérea de concreto reforzado	m ²	28,00	\$ 60.723,20	\$ 1.700.249,60
3,02	Demolición de losa aligerada aérea de concreto reforzado	m ²	40,00	\$ 49.289,72	\$ 1.971.588,80
3,03	Demolición de vigas aéreas en concreto reforzado	m ³	50,00	\$ 174.898,98	\$ 8.744.949,00
3,04	Demolición de columnas en concreto reforzado	m ³	45,00	\$ 174.898,98	\$ 7.870.454,10
3,05	Demolición de losa de contrapiso en concreto reforzado	m ²	467,00	\$ 22.097,25	\$ 10.319.415,75
3,06	Demolición de vigas de cimentación en concreto reforzado	m ³	66,00	\$ 174.898,98	\$ 11.543.332,68
3,07	Demolición de zapatas en concreto reforzado	m ³	27,00	\$ 99.160,80	\$ 2.677.341,60
3,08	Demolición de muros de contención en concreto reforzado	m ³	115,00	\$ 174.898,98	\$ 20.113.382,70
3,09	Cargue a máquina, retiro y disposición final de sobrantes hasta 24 kms	m ³	372,00	\$ 50.066,89	\$ 18.624.883,08
	TOTAL DEMOLICIONES ESTRUCTURALES				\$ 83.565.597,31
4	DEMOLICIONES HIDROSANITARIAS				
4,01	Demolición de tubería presión PVC	ml	35,00	\$ 5.651,77	\$ 197.811,95
4,02	Demolición de tubería PVC Sanitaria	ml	293,00	\$ 7.706,41	\$ 2.257.978,13
4,03	Demolición de punto hidráulico	un	31,00	\$ 4.595,80	\$ 142.469,80
4,04	Demolición de punto sanitario	un	68,00	\$ 4.595,80	\$ 312.514,40
4,05	Demolición de caja de inspección	un	68,00	\$ 40.761,38	\$ 2.771.773,84
4,06	Cargue a máquina, retiro y disposición final de sobrantes hasta 24 kms	m ³	39,00	\$ 50.066,89	\$ 1.952.608,71
	TOTAL DEMOLICIONES HIDROSANITARIAS				\$ 7.635.156,83
5	DEMOLICIONES ELÉCTRICAS				
5,01	Demolición de tubería eléctrica	ml	75,00	\$ 784,87	\$ 58.865,25
5,02	Demolición de punto eléctrico	un	42,00	\$ 784,87	\$ 32.964,54
5,03	Cargue a máquina, retiro y disposición final de sobrantes hasta 24 kms	m ³	2,00	\$ 50.066,89	\$ 100.133,78
	TOTAL DEMOLICIONES ELÉCTRICAS				\$ 191.963,57
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 138.324.987,55
	ADMINISTRACION			10,00%	\$ 13.832.498,76
	IMPREVISTOS			10,00%	\$ 13.832.498,76
	UTILIDADES			10,00%	\$ 13.832.498,76
	TOTAL AIU			30,00%	\$ 41.497.496,27
	PRESUPUESTO TOTAL				\$ 179.822.483,82

9. Resultados

Condiciones del concreto (NSR-10 C.3.5): Las edificaciones A, B y C presentan una resistencia del concreto por debajo del mínimo exigido por la NSR-10 para zonas de amenaza sísmica intermedia como Ibagué (18 de 20 núcleos < 17.5 MPa; AIS, 2010). Esta deficiencia impide aplicar técnicas convencionales de reforzamiento estructural (como encamisado o muros), ya que la baja resistencia

compromete la adherencia y la transmisión de esfuerzos al núcleo (Mehta & Monteiro, 2014). Aunque el uso de fibra de carbono podría considerarse, su alto costo y la limitada capacidad portante del concreto existente reducen su viabilidad técnica y económica (Hollaway, 2010). Recomendación La rehabilitación convencional no es técnica ni económicamente viable.

Implicaciones para la Seguridad Sísmica (NSR-10 A.2.5): Catalogadas como ocupación Normal, deberían ser Especial (Gubernamental), según la Tabla A.2.5-1 de la NSR-10, lo que implica una subestimación de la carga sísmica de diseño. Recomendación: Realizar un rediseño estructural completo, recalculando el cortante basal y las sollicitaciones sísmicas para la categoría de ocupación especial, tal como lo enfatizan varios estudios sobre la importancia de la correcta clasificación para la seguridad sísmica (e.g., Aguilar & Vargas, 2018).

Análisis Costo-Beneficio (Demolición vs. Reforzamiento) (NSR-10 A.10): Dada la magnitud del déficit de resistencia y la necesidad de recalificación sísmica (con el consiguiente rediseño y refuerzo sustancial), la demolición y reconstrucción se presentan como la opción económicamente más viable a largo plazo. Esto evita la incertidumbre y los elevados costos de un reforzamiento extenso en un material base deficiente (CEN, 2004). Recomendación: Optar por la demolición total y la reconstrucción.

Riesgo Geotécnico (NSR-10 H.5): Las excavaciones perimetrales carecen de tratamiento adecuado, lo que puede generar inestabilidad y afectar las propiedades del suelo de cimentación, especialmente en condiciones de humedad variables comunes en Ibagué. Recomendación: Proceder al secado de las excavaciones y a la construcción de los elementos de cimentación de manera inmediata para mitigar riesgos geotécnicos, siguiendo las recomendaciones de estudios geotécnicos específicos para la zona (INGEOMINAS, reportes locales).

Estado del Acero (NTC 2289): El acero Diaco cumple con la NTC-2289, lo que indica una calidad adecuada del material original. Recomendación: Acopiar cuidadosamente el acero suelto para prevenir su deterioro por corrosión. Desmontar y acopiar el acero de la superestructura (vigas, columnas, losas) de forma selectiva para su posible reutilización en futuras construcciones, siempre y cuando se realicen las pruebas de calidad necesarias. El desmontaje manual del acero estructural durante la demolición principal no se recomienda por su ineficiencia y riesgos asociados.

Gestión de Escombros (Resolución 0541 de 2006, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial): Durante la demolición, se debe realizar el acopio selectivo de los escombros, separando los materiales reciclables (acero, concreto

no contaminado) de los residuos inertes. Posteriormente, estos materiales deben ser retirados y dispuestos en un botadero certificado que cumpla con la normativa ambiental colombiana vigente.

En conclusión, el reforzamiento incluyendo fibras de carbono, se considera técnicamente complejo y económicamente desfavorable dada la severa deficiencia de resistencia del concreto. La demolición y reconstrucción son la solución recomendada para garantizar la seguridad y el cumplimiento normativo.

10. Bibliografía

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (1996). *Estudio general de amenaza sísmica de Colombia (Comité AIS-300)*. AIS.

CEN. (2004). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance*. European Committee for Standardization.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (s.f.). *NTC 2289: Acero para refuerzo de concreto*.

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Mínguez, R., Alonso, F. J., & Yagüe, J. (2018). *Análisis de patologías en edificios residenciales: metodología de inspección y resultados*. *Informes de la Construcción*, 70(552), e277.

Ordaz, M., Aguilar, A., & Arboleda, J. (2007). *CRISIS, Program for computing seismic hazard*. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. (2010). *Título A: Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente*.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. (2010). *Título C: Concreto Estructural*.

Saravia, L. M. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios de hormigón armado existentes en Colombia*. *Revista de Ingeniería de la Universidad de los Andes*, (46), 70-81.

El estudio de Saravia analiza la vulnerabilidad de estructuras de hormigón armado ante eventos sísmicos en Colombia. Se presentan métodos de evaluación y propuestas de reforzamiento estructural.

11. Anexos

Tabla 10

Longitud frente de carbonatación

UNIDAD	ABSCISA	FRENTE DE CARBONATACION (mm)
1	EDI-A/VC-A3 B3	11
2	EDI-A/COL- 4B	4
3	EDI-B/COL -2C	2
4	EDI-A/COL -3A	3
5	EDI-C/COL -B1	4
6	EDI-B/COL -B1	3
7	EDI-C/VC-A1-B1	6
8	EDI-C/COL -B1	3
9	EDI-A/COL -B2	4
10	EDI- B/COL-B2	4
11	EDI-A/COL- B2	2
12	EDI-B/COL-B2	3
13	EDI-B/VC-C1-C2	9
14	EDI-A/COL- 4C	4
15	EDI-B/VC- D1-D2	3
16	EDI-A/VC- A1- A2	2
17	EDI-B/COL E2	8
18	EDI-C/COL-B5	3
19	EDI-C/VC-2*-2B	6
20	EDI-B/ COL-D1	5

Nota. Ubicación de los núcleos tomados en las distintas edificaciones con sus resultados de las fallas de los núcleos a compresión. Adaptado de *Longitud de carbonatación*, de AIC Asesores y Consultores Civiles Asociados, 2022, AIC.

Tabla 11

Extracción de núcleos



ANEXO DEL CERTIFICADO

DAPCIL SAS
23-LAB-049
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017
Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

UNIDAD	ABCISA	CONDICION HUMEDAD	CORRECCION		CARGA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)
			RELACION A/D	FACTOR		
1	EDI-A/COL 4A	SECO	1.97	1.0	39.90	17.0
2	EDI-C/COL B3	SECO	2.0	1.0	17.10	7.3
3	EDI-A/VC- A3B3	SECO	2.07	1.0	34.80	14.9
4	EDI-A/COL 4B	SECO	2.11	1.0	24.20	10.3
5	EDI-B/COL 4C	SECO	1.99	1.0	57.40	24.5
6	EDI-A/COL 3A	SECO	2.06	1.0	25.40	10.8
7	EDI-C/COL 4A	SECO	2.05	1.0	52.20	22.3
8	EDIB/COL B1	SECO	2.02	1.0	16.90	7.2
9	EDI-C/VC- A1B1	SECO	1.95	1.0	41.50	17.7
10	EDI-C/ COLB1	SECO	2.10	1.0	36.2	15.0
11	EDI-A/COLB2	SECO	1.97	1.0	17.10	7.3
12	EDI-B/VC- B1B2	SECO	2.03	1.0	15.40	6.6
13	EDI-B/VC- C1C2	SECO	1.97	1.0	24.20	10.3
14	EDI-A/COLB4	SECO	1.99	1.0	29.50	12.6
15	EDI-B/VC- D1D2	SECO	1.92	1.0	15.90	6.8
16	EDI-A/VC- A1A2	SECO	1.96	1.0	24.10	10.3
17	EDI-B/COL E2	SECO	1.97	1.0	25.30	10.8
18	EDI-C/COL B5	SECO	1.96	1.0	20.20	8.6
19	EDI-C/COLA2	SECO	1.93	1.0	19.60	12.7
20	EDI-B/COLD1	SECO	1.91	1.0	41.7	11.2

“Localización de núcleos y resultados a compresión DAPCIL SAS”

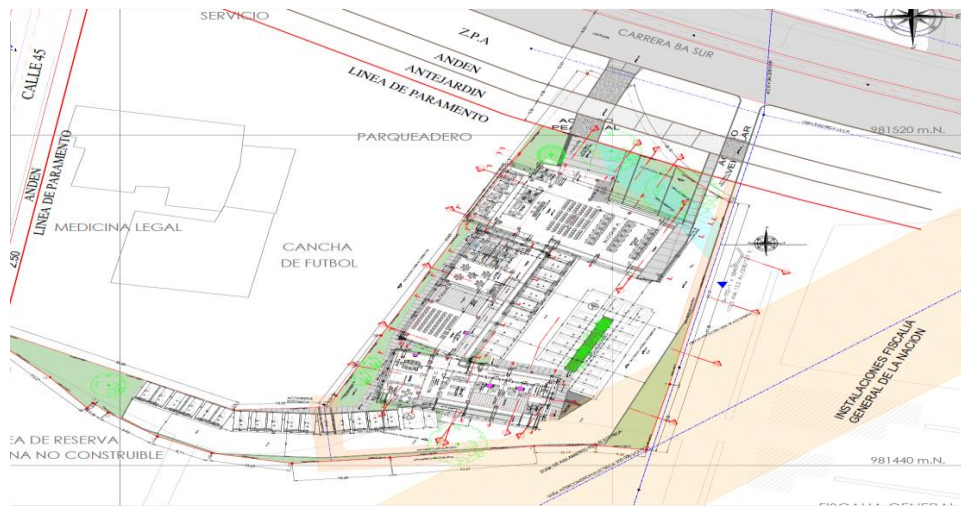
Nota. Localización de Núcleos y resultados a Compresión. Adaptado de *Localización de núcleos y resultados a compresión*, de DAPCIL SAS, 2022

Tabla 12
Corrosión del acero

REVISIÓN DE ÁREA DE REFUERZO DEBIDO A OXIDACIÓN NTC 2289						
Barra #		Φ INICIAL	Φ GRATIADO	Φ INICIAL/ Φ INTERVENIDO		
un	# Varilla	(mm)	(mm)	%		< %6
1	5	16.31	16.3	0.06%		Ok
2	5	14.3	14.28	0.14%		Ok
3	3	9.83	9.78	0.51%		Ok
4	5	17.05	17.04	0.06%		Ok
5	5	17.03	16.98	0.29%		Ok
6	3	10.56	10.54	0.19%		Ok
7	4	13.86	13.84	0.14%		Ok
8	4	13.4	13.38	0.15%		Ok
9	3	9.62	9.58	0.42%		Ok
10	4	13.46	13.4	0.45%		Ok
11	4	13.52	13.5	0.15%		Ok
12	4	13.45	13.41	0.30%		Ok
13	4	13.46	13.41	0.37%		Ok
14	4	13.55	13.51	0.30%		Ok
15	4	13.56	13.52	0.29%		Ok

Nota. Corrosión de Acero. Adaptado de Revisión de refuerzo debido a Oxidación, de AIC Asesores y Consultores Civiles Asociados, 2022, AIC. scanner marca Wall scanner d-TECT-150

Figura 1
Planos arquitectónicos del proyecto.



Nota. Planos arquitectónicos. Adaptado de Planta Urbanística Localización General, de CEYCO Ingeniería, 2022, AIC.

Figura 2.
Exposición de Refuerzo

