

**“ESTUDIO PATOLÓGICO AL CAI EL GUAVIO UBICADO EN LA CALLE 6D N° 3-67
ESTE, DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ”**

Arquitecta. MARITZA JIMÉNEZ GONZÁLEZ
Ingeniero. HECTOR JAVIER GALEANO BECERRA

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
VICERRECTORIA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTÁ - 2017

**“ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN AL CAI EL
GUAVIO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ”**

Arquitecta. MARITZA JIMÉNEZ GONZÁLEZ
Ingeniero. HECTOR JAVIER GALEANO BECERRA

Trabajo profesional Integrado (TPI)

DOCENTE:
Ingeniero. CARLOS ANDRES GARCÍA

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
VICERRECTORIA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTÁ - 2017

Tabla de Contenido

Pág.

Tabla de Contenido.....	3
Índice de Imágenes.....	4
Índice de Tablas.....	5
Índice de Gráficas.....	6
Introducción	7
Formulación del Problema	8
Justificación	10
Objetivos.....	11
Marco Referencial.....	12
Alcance y Delimitación	22
Metodología	24
Preparación y Planteamiento del Estudio	25
Historia Clínica.	28
Diagnóstico.....	47
Propuesta de Intervención.....	82
Conclusiones	94
Recomendaciones	95
Referencias Bibliográficas.....	96
Apendice A - Albúm Fotográfico	
Apéndice B - Fichas de Localizacion y levantamiento de lesiones en fachadas	
Apéndice B.1 Fichas de Localización y levantamiento de lesiones	
Apéndice B.2 Ficha de Tabulación de Resultados	
Apéndice C. Levantamiento arquitectónico y estructural	
Apéndice D. Estudio de suelos	
Apéndice E. Estudio de vulnerabilidad	
Apéndice F. Estudios de campo	

Índice de Imágenes

	Pág.
Fotografía 1. Fachada del CAI el Guavio	24
Fotografía 2. Vista aérea del CAI el Guavio	33
Fotografía 3. Localización del Apique de auscultación	33
Fotografía 4. Apique de auscultación	52
Fotografía 5. Detección magnética de armaduras	55
Fotografía 6. Realización de regatas en columnas	55
Fotografía 7. Realización prueba de ultrasonido	58

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Ensayos de Campo	50
Tabla 2. Resumen de los resultados del escáner	54
Tabla 3. Resumen de los resultados del Esclerómetro	56
Tabla 4. Corrección por carbonatación	57
Tabla 5. Resumen de los resultados de Ultrasonido	58
Tabla 6. Valores velocidad de onda en prueba de ultrasonido	58
Tabla 7. Análisis de Carbonatación del Concreto	59
Tabla 8. Resumen estadístico ISE Vigas	61
Tabla 9. Resumen estadístico ISE Columnas	62
Tabla 10. Verificación de ISE en sistema de piso	62
Tabla 11. Análisis estadístico de falla de muros no estructurales	63
Tabla 12. Datos del SPT	71
Tabla 13. Ensayos de laboratorio realizados	73
Tabla 14. Resumen de ensayos de laboratorio	73
Tabla 15. Perfil promedio del suelo	74
Tabla 16. Humedad natural, límites de Atterberg y % de Finos Vs Profundidad	75
Tabla 17. SPT Vs Profundidad	76
Tabla 18. Resumen de parámetros obtenidos	78
Tabla 19. Propiedades de columna reforzada	83
Tabla 20. Resistencia de columna reforzada	84
Tabla 21. Ubicación de acero de refuerzo columna reforzada	84
Tabla 22. Ubicación espacial acero de refuerzo	85
Tabla 23. Diseño de vigas	85
Tabla 24. Diseño de zapatas	86
Tabla 25. Diseño de sistema de entrepiso	87
Tabla 26. Presupuesto aproximado reforzamiento	88
Tabla 27. Programación para el reforzamiento	89
Tabla 28. Presupuesto aproximado para él la obra nueva	92

Índice de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Árbol del problema	9
Gráfica 2. Isométrico General del Paciente	28
Gráfica 3. Isométrico corte transversal del paciente	28
Gráfica 4. Representación gráfica de la patología más relevante	33
Gráfica 5. Geología general del paciente	41
Gráfica 6. Mapa de ubicación del paciente en la microzonificación sísmica	45
Gráfica 7. Modelo computacional – Vistas Isométricas	61
Gráfica 8. Localización de la exploración – Planta primer piso	70

Introducción

El presente proyecto se inicia como respuesta a la inquietud de los funcionarios del Grupo de Bienes Raíces de la Policía Metropolitana de Bogotá, quienes requieren del estudio y la rehabilitación del Inmueble CAI El Guavio ubicado en la calle 6D N° 3-67 Este, y el cual se encuentra abandonado desde el 01 de octubre de 2014 fecha en la cual el FOPAE a través de la subdirección de análisis de riesgos y efectos de cambio climático recomendó no usar ciertos espacios del inmueble hasta que se realizaran los estudios necesarios y posterior intervención al mismo; por lo tanto a partir de ese momento no se encuentra en servicio esta edificación y como tal por la falta de intervención sus patologías han ido en aumento progresivamente.

Con esto la Policía Metropolitana de Bogotá se encuentra perdiendo este activo el cual con su deterioro se devalúa dentro de los estados contables de la institución y de continuar enfrentando ataques físicos como los que presenta actualmente podría superar su vida útil antes de tiempo y llegar al colapso, lo cual además de ser una desventaja importante por no estar en servicio a la comunidad, podría conllevar a daños colaterales en edificaciones cercanas y posibles lesiones a transeúntes del sector, sin contar el daño ambiental que esto produciría por los materiales contaminantes de construcción.

En razón a lo anterior en el presente documento se encuentra de manera detallada y paso a paso la realización de la historia clínica, diagnóstico y propuestas de intervención del inmueble, identificación de los materiales constructivos, los ensayos de laboratorio y los estudios de campo necesarios.

Las propuestas de intervención serán difundidas al interior de la Policía Nacional para que se incorpore dentro de sus planes de infraestructura para iniciar su respectiva intervención.

Formulación del Problema

La edificación perteneciente a la Policía Nacional dejó de recibir mantenimiento desde el año 2006, esto ocasionó deterioros en la cubierta la cual empezó a presentar filtraciones produciendo deterioros en todos los pisos especialmente en pañetes, cielo rasos y pisos, elementos contruidos en un 80% en madera, por esta razón empezaron a ser deshabilitados varios espacios de la edificación. El FOPAE hoy IDIGER realizó visita en el año 2011 y recomendó a través del documento DI-5721 no utilizar el inmueble hasta realizar mantenimiento, reforzamiento y mejoramiento del inmueble, sin embargo al inmueble no se le intervino. En 2012 el FOPAE hoy IDIGER, realizó de nuevo visita y encontró que la degradación de los elementos constructivos estaba muy avanzada por la acción de la humedad, por ello en el documento RO-54326 reafirmo las restricciones y recomendaciones sobre el inmueble. Nuevamente en 2014 el FOPAE hoy IDIGER, realizo diagnostico técnico al inmueble e indico a través del documento DI-7468 que las lesiones en el inmueble han aumentado debido a que no han sido subsanadas las novedades especialmente relacionadas con filtraciones y recomienda realizar un estudio detallado que permita deducir los daños en la edificación y la intervención que debe realizarse, además de mantenerse las restricciones al lugar.

La Policía Nacional no cuenta con profesionales especialistas en Patología, ni los equipos para establecer las condiciones reales del inmueble que se encuentra en estudio, por lo cual no ha podido realizar las actividades que ordeno en su momento el FOPAE hoy INDIGER.

Todos los anteriores escenarios conllevan a la disminución en la vida útil de la construcción, aumento en los costos por el rubro de mantenimiento y riesgo para los usuarios que a diario requieren ingresar las instalaciones policiales y adicionalmente para los transeúntes y vecinos del sector.

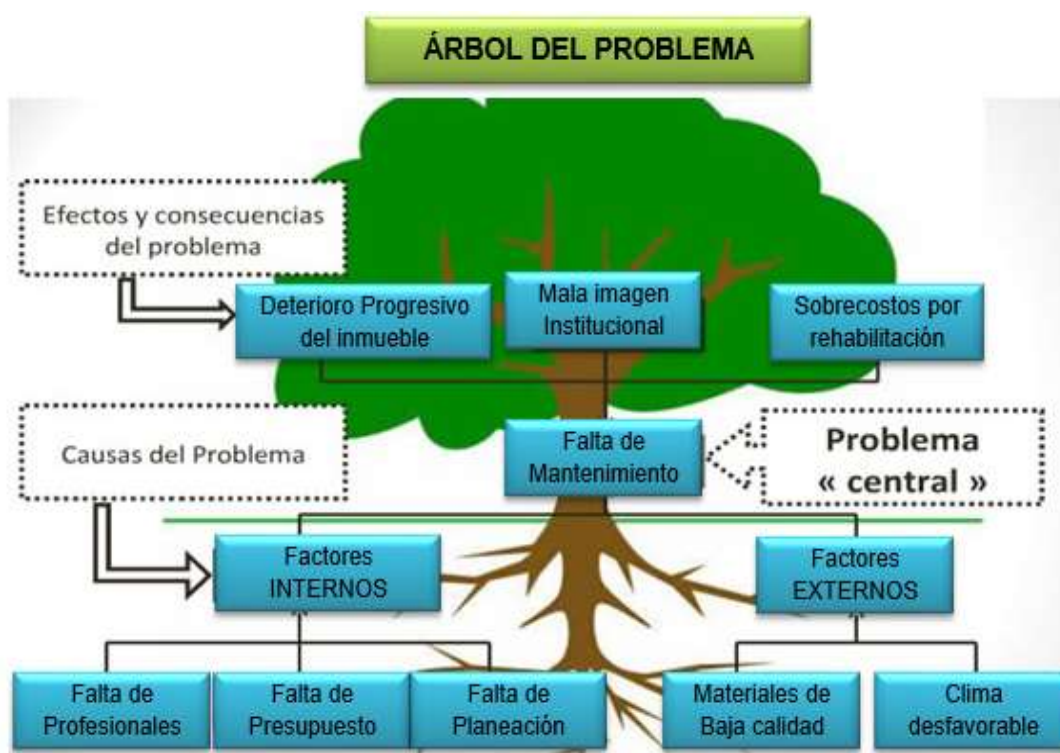
Bajo este contexto, se plantea el siguiente problema:

“Le edificación se encuentra en deterioro permanente por la falta de diagnóstico e intervención lo cual puede llevarla a su colapso parcial o total si no se realiza una intervención en el corto tiempo”

De acuerdo con esta situación, el interrogante principal del proyecto propuesto se define como:

¿Es factible y viable realizar una intervención a este inmueble, que tipo de intervención y que costos tendría?

Definidos el problema y el cuestionamiento principal que dan origen a este trabajo, se presenta a continuación, en la Gráfica No. 1, el árbol del problema, basado en las causas y consecuencias del mismo:



Gráfica 1. Árbol del problema
Cuevas, Fernando (2015). Árbol de problemas causa efecto. Recuperado de:
<https://fernandocuevasblog.files.wordpress.com/2015/11/arbol-de-problemas-causaefecto.jpg>

Justificación

La rehabilitación y puesta de nuevo en funcionamiento del CAI del Guavio favorecerá la atención prioritaria de la comunidad en materia de seguridad y la solución de sus conflictos de convivencia mediante la aplicación del Código Nacional de Policía en esta sede; además de permitir la implementación de todas las acciones psicosociales que la Policía Nacional lidera en diferentes sectores de la ciudad, por esta razón es necesaria la realización del presente estudio patológico, teniendo en cuenta que la Policía Nacional no cuenta con profesionales especialistas en Patología, ni los equipos para establecer las condiciones reales del inmueble objeto de este estudio, por lo cual no ha podido realizar las actividades que ordeno en su momento el FOPAE hoy IDIGER.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el estudio patológico al CAI el Guavio ubicado en la localidad de Santa Fe, Barrio el Guavio en la ciudad de Bogotá, el cual comprende la elaboración de la historia clínica, diagnóstico y dos propuestas de intervención.

Objetivos Específicos

1. Realizar la historia clínica del paciente a través investigaciones que permitan evidenciar cuales han sido los ámbitos de afectación que llevaron el inmueble a las condiciones actuales.
2. Realizar el diagnóstico del paciente para establecer las lesiones que presenta, evaluando el origen, causa, evolución, y estado actual de las mismas.
3. Plantear dos propuestas de intervención al paciente.

Marco Referencial

Teórico

Diagnóstico del inmueble. Según Margarita de Luxan (2010), debe realizarse el respectivo estudio del edificio, a través de determinados pasos dentro de los que se incluyen:

- Estudio desde el aspecto social.
- Estudio desde el aspecto histórico.
- Estudio desde el aspecto artístico.
- Estudio desde el aspecto constructivo.

Además, indica determinados ensayos tradicionales y no destructivos que pueden realizarse a la edificación dentro de los que se encuentran:

- Termografía.
- Magnetometría.
- Durómetros.
- Sistemas acústicos.
- Fotogrametría.
- Cámara Húmeda.

De acuerdo con L. Villegas, I. Lombillo, C. Hoppe, D. Silió, (2007), para la rehabilitación de una edificación es necesario conocer profundamente el estado en el cual se encuentra la misma, con el fin de garantizar que precisamente los gastos proyectados sean lo más acertado posible y evitar sobrecostos inesperados; para ellos establecieron unos determinados “estudios previos a la rehabilitación” los cuales están encaminados primordialmente a la estructura, el cerramiento, las particiones, los revestimientos y las instalaciones, las cuales

pueden ser calificadas como obsoletas y de ser así deben ser reemplazadas. Finalmente plantean tres partes de los estudios previos que son:

- Reconocimiento de la construcción.
- Análisis de su situación.
- Conclusiones y recomendaciones del estudio.

Inspección técnica de inmuebles. Según la publicación del año 2010 “Mantenimiento de Edificios”, de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona, las edificaciones deben ser inspeccionadas para determinar su estado real y a partir de allí iniciar su proceso de mantenimiento, todo esto debe estar documentado y reposar en la edificación. En la publicación los autores lo denominan “el libro del edificio”, que en nuestro argot podría traducirse como el manual de mantenimiento del edificio. Se deben documentar todos los aspectos relevantes del inmueble, desde su historia hasta su composición por elementos estructurales, redes, pisos, cubiertas, fachadas hasta el mínimo detalle, debe documentarse con fotografías y planos; de no existir éstos, debe realizarse el levantamiento de estos. También es necesario hacer en la parte técnica, el análisis del tipo de suelo sobre el cual está construido y además las condiciones legales del terreno.

Deben determinarse las fallencias que presenta el edificio y los tipos de patologías que le aquejan; determinar si ha recibido mantenimientos, y si su estado es recuperable mediante reparaciones locativas o si por el contrario requiere una intervención más compleja.

Con esta información debe procederse a realizar el libro del edificio que consta de

1. Datos generales
2. Descripción constructiva
3. Dictamen Técnico
4. Manual de uso
5. Mantenimiento preventivo
6. Calendario de operaciones de mantenimiento
7. Pliego condiciones mantenimiento preventivo

8. Archivos documentales
9. Registro de incidencias
10. Registro de operaciones

Dentro de estos documentos los más importantes son: el plan de mantenimiento preventivo y el manual del usuario, a partir de estos existe otro documento que es el plan de mantenimiento correctivo.

En este punto también es importante resaltar lo que indica el reporte ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings (2003), el cual contiene un detallado procedimiento para la evaluación de una edificación de concreto preexistente, dentro de la cual se mencionan que puede ser aplicado en los siguientes casos:

- Estructuras que muestren daños por exceso carga, explosiones, vibraciones, incendios u otras.
- Estructuras donde haya evidencia de deterioro o debilidad estructural, como el agrietamiento excesivo del hormigón o corrosión del refuerzo, deflexión o rotación del miembro, u otros signos de fatiga.
- Estructuras de las cuales se sospeche que tienen un bajo nivel en el diseño, en su proceso constructivo, en detalles, o materiales.
- Estructuras donde existen dudas sobre el origen de las estructuras, creadas mediante adecuación es y si los criterios de diseño originales no se conocen.
- Estructuras que presenten cambio en el uso de ocupación, donde se evidencia que los nuevos criterios exceden los criterios de diseño originales.
- Estructuras que requieren pruebas de rendimiento después de su rehabilitación (reparación o reforzamiento).
- Estructuras que requieran pruebas para la obtención un Certificado de Ocupación.

De igual forma se describen en el reporte ACI 437R-03, las categorías de evaluación así:

- Estabilidad de componentes individuales de la estructura.

- Fuerza y seguridad de los elementos estructurales individuales.
- Rigidez de toda la estructura.
- Durabilidad de la estructura.
- Rigidez de los elementos estructurales individuales.
- Susceptibilidad de elementos estructurales individuales.
- Exceso de deformación a largo plazo.
- Respuesta dinámica de elementos estructurales individuales.
- Resistencia al fuego de la estructura.
- Facilidad de mantenimiento de la estructura.

Finalmente se menciona el procedimiento para la evaluación estructural, el cual se encuentra debidamente detallado en el reporte del cual se señala los siguientes pasos:

- Definir la condición existente del edificio, incluyendo:
 1. Revisar la información disponible;
 2. Llevar a cabo un estudio de condiciones;
 3. Determinar la causa y la tasa de progresión de fatiga existente;
 4. Realización del análisis estructural preliminar; y
 5. Determinar el grado de reparación requerido para preceder a la evaluación.
- Selección de los elementos estructurales que requieran evaluación;
- Evaluar las condiciones de carga pasadas, presentes y futuras a las que la estructura está y estará expuesta en virtud de su uso.
- Realizar la evaluación;
- Evaluación de los resultados; y
- Preparación de un informe completo que incluya la descripción del procedimiento y las conclusiones de todas las etapas anteriores.

Intervención de inmuebles. Según la Guía Rehabimed para la rehabilitación de edificios tradicionales (2008), se plantean siete pasos para realizar mejoras o rehabilitación en alguna edificación, debe tomarse el siguiente orden:

1. Preliminares.
2. Estudios pluridisciplinarios (análisis).
3. Diagnóstico (síntesis).
4. Reflexión y toma de decisiones.
5. Proyecto.
6. Rehabilitación.
7. Mantenimiento.

Plan de mantenimiento preventivo. Según José Luis Pérez Álvarez (2010), después de realizar la inspección técnica del edificio se debe realizar el plan de mantenimiento preventivo del inmueble, en el cual deben indicarse cuales son las actividades de mantenimiento que deben realizarse a cada elemento constructivo, instalaciones, subsistemas, redes, etc.

Para el cumplimiento del plan de mantenimiento descrito, el autor recomienda contratar una empresa externa especializada, que se encargue de mantenerlo cada día ejecutando todas y cada una de las actividades descritas en el plan y las demás que requieran para mantenerlo en perfecto estado y que pueden ser incluidas en el plan de mantenimiento para actualizarlo y mejorarlo.

Plan de mantenimiento Correctivo. De acuerdo con Álvarez (2010), un plan de mantenimiento correctivo debe nacer a partir de la revisión técnica de la edificación, de acuerdo con sus desperfectos, lesiones y la gravedad de las mismas, esto debe valorarse y realizarse una priorización en las intervenciones mediante un plan de acción a cinco años; los inconvenientes de este plan resultan en el hecho que cada nuevo requerimiento presentado por los usuarios del inmueble generan modificaciones y ampliaciones de este plan. Todos los costos que implica el plan de mantenimiento correctivo para años posteriores deben ser evaluados para determinar los costes que este representará en el presupuesto destinado a este Ítem y realizar así una mejor planificación.

Manual del usuario. Para Álvarez (2010), toda edificación debe tener un manual del usuario, (así lo indican las normas españolas), el cual debe incluir:

Servicios y Mantenimiento. Indica la descripción del edificio, que personas están encargadas del mantenimiento, cuáles de la limpieza y cuál es el plan de mantenimiento del edificio tanto preventivo como correctivo.

Plan de emergencia. Informa la organización y actuaciones en caso de presentarse un evento de emergencia, la evaluación de riesgos, los medios de protección y el plan de emergencia a seguir.

Control de calidad del mantenimiento. Álvarez (2010), explica que es necesario controlar la calidad de los mantenimientos, el cual debe ser minucioso e indica que se debe para ello seguir las siguientes pautas:

Diagnostico técnico periódico de la edificación. Con un periodo de dos años debe actualizarse el libro del edificio, a través del diagnóstico del mismo, esto permite verificar el estado de conservación del mismo y reprogramar intervenciones correctivas.

Auditoría periódica a los niveles de servicio. Debe evaluarse a través de inspecciones a la edificación la calidad y el nivel de servicio de los proveedores previsto en los contratos, en este caso se refiere a los servicios de Outsourcing, pero también puede ser aplicado en la finalización de los contratos de mantenimiento. Cada edificación debe tener una ponderación de su estado que se encuentra en una escala de 1 a 100, donde el límite para cada inmueble se encuentra en los 75 puntos, de ahí hacia abajo la situación es insostenible.

Atención 24 horas. Los usuarios de las edificaciones de la empresa, pueden reportar en cualquier hora del día o noche e independientemente del día, telefónicamente los eventos acaecidos en los inmuebles y que requieren de mantenimiento, esto genera automáticamente una orden de trabajo para ejecutar las labores correctivas que se requieran.

Legal

Legalidad del inmueble. El paciente presenta documento de Adquisición escritura Publica No. 332 del 02/02/1955 de la Notaria 1 del circulo de Bogotá y Matricula Inmobiliaria 50C - 111861 del Circulo Registral de Santa Fe de Bogotá con Cédula/Código Catastral N° 003205032100000000, como propietario figura la POLICÍA NACIONAL y No. SIBIN 916.

Plan de ordenamiento territorial. El inmueble esta cobijado por decreto distrital 619 de 2000, revisado por el decreto distrital 469 de 2003, y compilado por el decreto distrital 190 de 2004”, expedido por el Alcalde Mayor de Bogotá, D.C.”.

Norma sismo resistente. Aunque la edificación data de una época anterior a 1984 y no esta cobijada por ninguna de las normas de sismo resistencia por lo cual esta debe ser intervenida o reforzada para llevarla a un nivel de seguridad sísmica equivalente al de una edificación nueva diseñada y construida de acuerdo con los requisitos de la ley 400 de 1997, además se encuentra establecida dentro de la microzonificación sísmica de Bogotá D.C adoptada por el decreto 523 de 2010.

Licencia urbanística. Para la intervención del paciente debe contarse con la Ley 810 de 2003 y el decreto 1469 de 2010 por medio del cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanística y en especial lo establecido en el artículo 7 que habla de las licencia de construcción y sus modalidades dentro de las que se encuentran la obra nueva, la ampliación, la adecuación, la modificación, la restauración, el reforzamiento estructural, la demolición, la reconstrucción y el cerramiento.

RAS 2000. El paciente debe cumplir con el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento Básico –RAS del Ministerio de Desarrollo Económico.

RETIE 2013. El paciente debe cumplir con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE del Ministerio de Minas y Energía.

NTC 5551. El paciente una vez intervenido debe cumplir parámetros establecidos en la Norma técnica Colombiana NTC 5551 “Durabilidad de Estructuras de Concreto”.

ACI 364.1R. Para la rehabilitación del paciente debe contarse con la guía 364.1R de American Concrete Institute. “Guide for Evaluation of Concrete Structures before Rehabilitation”.

ACI 201.2R-01. Para la rehabilitación del paciente debe contarse con la guía 201.2R la guía para la durabilidad del hormigón.

ACI 228R. Para la aplicación de métodos de evaluación no destructivos de la estructura contar con el documento de American Concrete Institute ACI 228R (1998). Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures.

Histórico

Se presume que la construcción de este inmueble fue entre 1955 y 1960, para la época este no era un requisito indispensable para construir o al menos no exigible por las autoridades de la época, ya que fue solo hasta la expedición del decreto 3133 de 1968, que la ciudad de Bogotá se organizó como distrito especial, y se creó una junta de planeación distrital en el capítulo VI de esta norma que contaba con una secretaría técnica llamada departamento administrativo de planeación distrital; este decreto indicaba en su artículo 36 que los proyectos de construcción de edificaciones debían ser aprobados por la junta de planeación distrital y de no ser así no se les suministraría servicios públicos por las empresas del distrito, sin embargo no menciona licencias de construcción. No fue sino hasta el acuerdo 6 de 1990 cuando se adoptó el Estatuto para el Ordenamiento Físico del Distrito Especial de Bogotá y se empezó a hablar de licencias de construcción, licencias de urbanismos, parcelación, ampliación, modificación, entre

otras, más tarde con la entrada en vigencia del decreto ley 1421 de 1993, que derogo el decreto 3133 de 1968 y Bogotá se convirtió en Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá reorganizó sus secretarías y funciones, posteriormente el decreto 2150 de 1995, crea las curadurías urbanas las cuales tomaron la facultad de conceder licencias de construcción, lo cual se mantiene hasta la fecha en la ciudad de Bogotá.

Por lo tanto, el paciente presenta una aplicación patológica tipo geriátrica ya que el paciente tiene aproximadamente 60 años de vetustez.

Conceptual

Este Trabajo Profesional Integrado (TPI) abarca el concepto fundamental de Rehabilitación de edificaciones, el cual se encuentra definido como la recuperación o puesta en servicio de una edificación, a través de obras y modificaciones que sin viciar sus condiciones originales, optimizan sus cualidades funcionales, arquitectónicas, estructurales, de habitabilidad o de confort.

Otros conceptos que apoyan el concepto fundamental de rehabilitación de un inmueble y que están acorde con el decreto 1469 de 2010 son:

Estado de una edificación. Se refiere a la situación real de conservación de un inmueble, el cual después de un diagnóstico detallado puede ubicarse en los estados cualitativos de excelente, bueno, regular o malo.

Materiales constructivos. Son los elementos constitutivos de una edificación, los cuales pueden indicar el estado en que se encuentra y que requieren de cuidados diferentes de acuerdo a sus características. Los elementos constructivos de un inmueble son las columnas, vigas, placas, mampostería, cubierta, carpintería, cimentación, fachada, pisos, cielo rasos, redes hidrosanitarios, eléctricas, voz y datos, entre otros.

Adecuación. Es el cambio de uso de una edificación o parte de ella, garantizando la continuación total o parcial del inmueble original.

Modificación. Es la variación del diseño arquitectónico o estructural de una edificación existente, sin aumentar su área construida.

Restauración. Son las obras tendientes a recuperar y adaptar una edificación o parte de este, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos.

Reforzamiento Estructural. Es la intervención de la estructura de una edificación, para acondicionarla a los niveles adecuados de seguridad sismo resistente.

Contextual

El inmueble está ubicado en la CALLE 6D No 3 – 67 ESTE Barrio El Guavio, localidad Santa Fe, Bogotá DC. Con una zonificación realizada mediante el Decreto 492 de 2007, plano 5/8, UPZ 96 Lourdes, sector A Lourdes, modificado para los usos dotacionales que no requieren instrumento de planeamiento por el Decreto Distrital 090 de 2013; Concepto de uso: Decreto 492 de 2007, cuadro N° 2: se permiten en este predio los usos dotacionales de seguridad de escala zonal – CAI.

Se trata de un sector deprimido de la ciudad con una problemática social complicada, con múltiples manifestaciones delincuenciales, por lo que no se puede garantizar seguridad para los trabajos de consultoría u obra que se pretendan realizar en el sitio.

Alcance y delimitación

Delimitación Geográfica

Estudio patológico al inmueble denominado CAI El Guavio en su totalidad (513.3 m2 de área construida) ubicado en la calle 6D N° 3-67 Este, Bogotá, localidad Santa Fe, Barrio El Guavio en su totalidad.

Delimitación Cronológica.

360 Horas en 6 meses.

Delimitación Conceptual.

Este Trabajo Profesional Integrado (TPI) abarca el concepto fundamental de Rehabilitación de edificaciones, el cual se encuentra definido como la recuperación o puesta en servicio de una edificación, a través de obras y modificaciones que sin viciar sus condiciones originales, optimizan sus cualidades funcionales, arquitectónicas, estructurales, de habitabilidad o de confort.

Otros conceptos que apoyan el concepto fundamental de rehabilitación de un inmueble y que están acorde con el decreto 1469 de 2010 son:

Estado de una edificación. Se refiere a la situación real de conservación de un inmueble, el cual después de un diagnóstico detallado puede ubicarse en los estados cualitativos de excelente, bueno, regular o malo.

Materiales constructivos. Son los elementos constitutivos de una edificación, los cuales pueden indicar el estado en que se encuentra y que requieren de cuidados diferentes de acuerdo a sus características. Los elementos constructivos de un inmueble son las columnas, vigas, placas, mampostería, cubierta, carpintería, cimentación, fachada, pisos, cielo raso, redes hidrosanitarias, eléctricas, voz y datos, entre otros.

Adecuación. Es el cambio de uso de una edificación o parte de ella, garantizando la continuación total o parcial del inmueble original.

Modificación. Es la variación del diseño arquitectónico o estructural de una edificación existente, sin aumentar su área construida.

Restauración. Son las obras tendientes a recuperar y adaptar una edificación o parte de este, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos.

Reforzamiento Estructural. Es la intervención de la estructura de una edificación, para acondicionarla a los niveles adecuados de seguridad sismo resistente.

Metodología

Descripción de la Selección del Paciente

El paciente fue seleccionado por el equipo de trabajo, debido a que su ubicación se encuentra en la ciudad de Bogotá lugar de residencia de los investigadores, por otro lado cuenta con patologías relevantes que cumplen con las condiciones necesarias para ser objeto de estudio, ya que por las mismas el inmueble fue evacuado de acuerdo a concepto del FOPAE en 2014 ahora IDIGER, por lo cual en los últimos dos años las lesiones en el inmueble han ido en aumento paulatinamente; todas estas características hacen del paciente caso ideal para presentarse como Trabajo Profesional Integrado (TPI) . A continuación, se muestra la fotografía 1 de la fachada del paciente:



Fotografía 1. Fachada del CAI el Guavio
Fuente: Propia

Preparación y Planteamiento del Estudio



Inspección preliminar del paciente. La inspección preliminar se lleva a cabo el día 10 de diciembre de 2016 por parte de los investigadores para identificar y realizar el levantamiento inicial de las lesiones presentadas por el paciente.

Recopilación de información necesaria para el estudio. Se realiza recopilación de información en la oficina de bienes raíces de la Policía Metropolitana de Bogotá dueña del inmueble, el área de infraestructura de la Policía Nacional encargada de la construcción y mantenimiento de estos inmuebles institucionales y los entes distritales como Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (INDIGER) antes FOPAE, Instituto de desarrollo Urbano (IDU), Unidad Administrativa Especial de Catastro de Bogotá (UAECD), la Secretaria Distrital de Planeación Bogotá, los documentos recopilados en las diferentes entidades se anexan al presente trabajo.

Preparación de formatos para el levantamiento y recopilación de información. Se realizaron fichas de levantamiento y diagnóstico de lesiones para cada nivel, por espacios, así como para las fachadas.

Forma de almacenar y tabular la información. En las fichas de levantamiento y diagnóstico se clasifican las lesiones por tipo y se valoran por grado, entre leve, moderado y severo, así mismo se evalúa si el daño afecta el aspecto, la funcionabilidad o la seguridad del espacio inspeccionado, posteriormente en la ficha tabulación de resultados se organiza la información por tipo de lesiones, las causas de las mismas, y el grado de afectación con colores, para las lesiones en grado leve se utilizó color amarillo, para las de grado moderado color naranja y para las de grado severo color rojo.

Proceso de recopilación de información en el campo. En visita preliminar al inmueble, conversaciones con los vecinos del sector, recolección de datos con entidades relacionadas con las edificaciones en la ciudad de Bogotá, como Catastro, y Planeación.

Alcances de la exploración. De acuerdo a lo establecido en la norma NSR10 para este tipo de edificaciones en este caso calificaría como tipo baja es decir hasta 3 niveles y menores a 800 kN el número mínimo de sondeos es de 4 y la profundidad mínima de 15 metros.

Permisos y autorizaciones al paciente. Se obtuvo permiso por parte del Grupo de Bienes Raíces de la Policía Metropolitana de Bogotá para el estudio del paciente.

Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.

- Arquitecta Maritza Jiménez González, egresada de la Universidad América, quien actualmente labora en el área de licencias de excavación del instituto de desarrollo urbano (IDU).
- Ingeniero Civil Héctor Javier Galeano Becerra egresado de la Universidad Militar Nueva Granada, quien actualmente se desempeña como Analista de Mantenimiento del Área de Infraestructura de la Policía Nacional

Definición de los medios para realizar la exploración. La financiación de los estudios será costeadada por la Dirección Administrativa y Financiera de la Policía Nacional.

Medidas preventivas durante la exploración. Se tomaron todas las medidas necesarias para realizar el levantamiento de las lesiones, así como de los ensayos practicados,

Servicios especializados para la exploración. Se encuentran actualmente disponibles en el mercado los siguientes ensayos y estudios:

- Detección de barras por medio del escáner.
- Dureza del concreto a través del esclerómetro.
- Análisis de corrosión.
- Resistencia de arranque del material.
- Análisis de higrometría en el concreto.
- Prueba de ultrasonido en elementos de concreto.
- Resistividad eléctrica del concreto.
- Permeabilidad en el concreto (torrent).
- Porómetro para estructuras metálicas.
- Espesor de estructuras metálicas y no metálicas.
- Fisurómetros tridimensionales, bidireccionales, de divergencia, convergencia y de profundidad.
- Clinometría.
- Estudios con rejillas.
- Prueba del pachómetro
- Prueba de dianas.
- Prueba de sondas.
- Prueba de micro fisuras chakscape
- Prueba de carbonatación con fenolftaleína.
- Núcleos de concreto.
- Densidad nuclear para suelos.
- Penetro metros y ultrasonido para maderas.
- Petrografía.
- Contaminación del aire.
- Calidad del agua.
- Compactador giratorio para pavimento.
- Acelerómetro.
- Termografía.

Historia Clínica

Responsables del estudio. Arquitecta Maritza Jiménez Gonzales CC 52.473.941 e Ingeniero Héctor Javier Galeano Becerra CC 10004292.

Fecha de realización del estudio. Inicia el 02 de diciembre de 2016 y se prolonga hasta octubre de 2017.

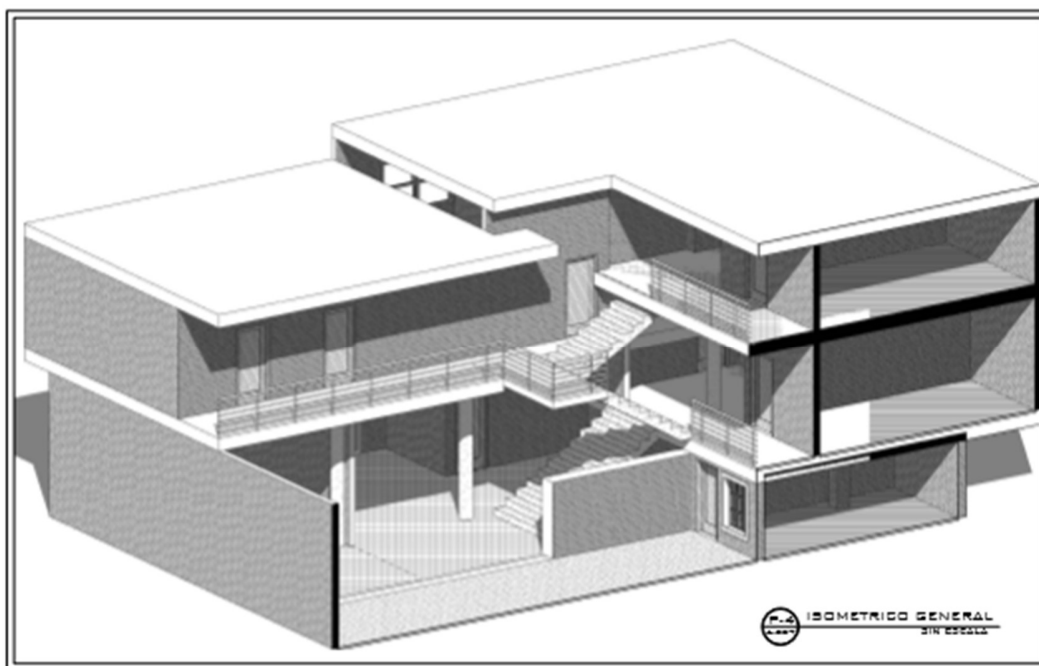
Autorización del estudio. Aprobado por el Grupo de Bienes Raíces de la Policía metropolitana de Bogotá y la Dirección Administrativa y Financiera de la Policía Nacional

Datos generales del paciente.

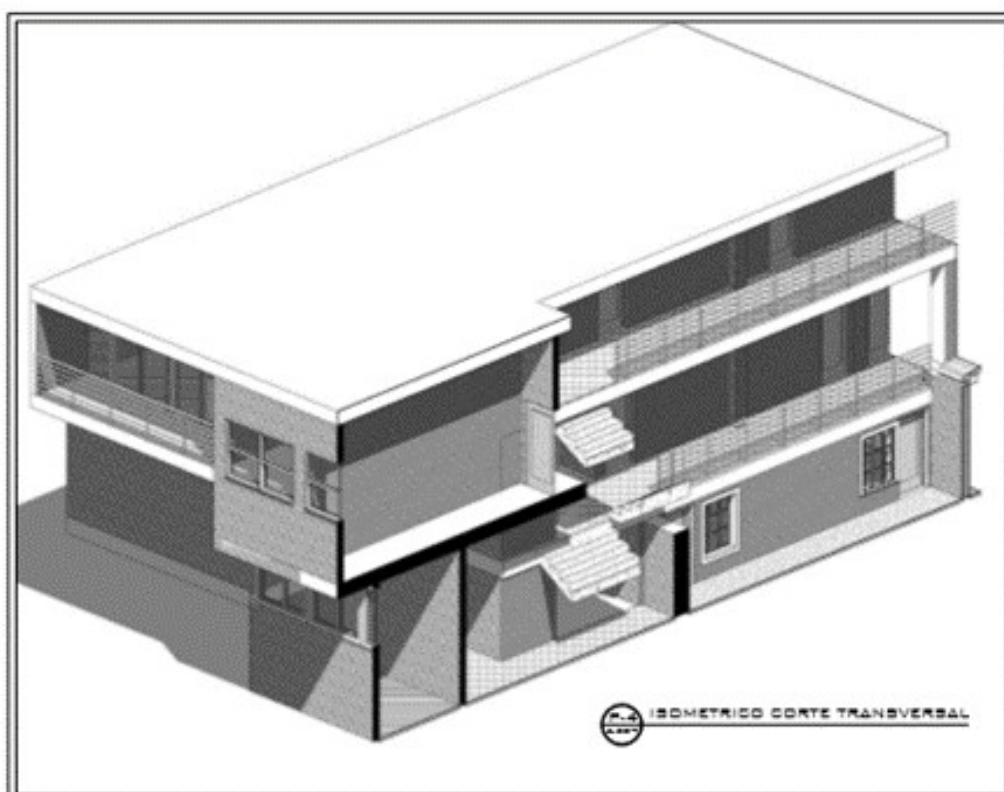
Nombre. CAI El Guavio.

Localización. CALLE 6D No 3 – 67 ESTE Barrio El Guavio, localidad Santa Fe Bogotá.

Uso: dotacional de seguridad de escala zonal – CAI.



Gráfica 2. Isométrico General del Paciente
Fuente propia, Levantamiento arquitectónico realizado al paciente



Gráfica 3. Isométrico corte transversal
Fuente propia, Levantamiento arquitectónico realizado al paciente

Fecha de construcción. Se presume que fue construida entre 1955 y 1960, no se encontraron documentos de su construcción.

Sistema constructivo. pórticos de concreto resistente a momento con un sistema de piso con vigas de madera en una dirección y muros divisorios en mampostería maciza.

Técnica constructiva. La estructura analizada es una edificación de tres plantas y niveles construida en los años 50, anterior a cualquier norma sismo resistente aplicable en el país. El sistema estructural planteado originalmente son pórticos de concreto resistente a momento con un sistema de piso con vigas de madera en una dirección y muros divisorios en mampostería maciza. Sin embargo, debido a las grandes luces, las dimensiones de las vigas perimetrales y la falta de aislamiento de los muros, las deflexiones excesivas empezaron a cargar los muros de mampostería no estructural. Por lo tanto, los muros divisorios tienen carga axial y aportan rigidez a la hora de un sismo. El sistema de piso está simplemente apoyado sobre las vigas perimetrales, lo cual no garantiza una transmisión adecuada de las fuerzas del piso a los elementos estructurales portantes. A continuación, se presentan las plantas arquitectónicas de cada nivel.

La estructura original fue concebida como pórticos de concreto, por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad se realiza a partir de la concepción de la estructura en su diseño. Las consideraciones adicionales anteriormente mencionadas se tienen en cuenta en la modelación computacional para poder analizar el comportamiento estructural del mismo.

Uso actual y previsto. El uso actual es dotacional de seguridad de escala zonal – CAI, el uso previsto sigue siendo dotacional de seguridad Subestación de Policía.

Importancia. Alta, edificación de servicio a la comunidad.

Normativa actual que lo rige. Fue construida antes de la norma de 1984 por lo tanto debe actualizarse con la norma NSR10.

En la edificación y/o construcción civil.

Tipo de cimentación. El sistema de cimentación actual del Caí El Guavio asunto del presente estudio cuenta con un sistema de cimentación superficial tipo zapatas cuadradas en concreto simple, con una dimensión aproximada de 1.40 x 1.40 metros, cimentadas aproximadamente a 70 cm, con un espesor de 35 cm. Esto se pudo evidenciar con los apiques de auscultación realizados cerca de las columnas de la primera planta para la exploración del subsuelo.

Por otra parte, la cimentación actual fue construida hace más de cincuenta años, pero no se evidencian fisuramientos, hormiguo, vacíos ni agrietamientos en las zapatas, en la estructura no se evidencian patologías generadas por asentamientos. Se concluye que la cimentación está en buen estado para su edad y su dimensionamiento es adecuado, sin embargo, no tiene acero de refuerzo que permita resistir un sismo, adicional a esto se debe reevaluar la dimensión de las zapatas si las cargas cambian con el refuerzo de la estructura.

Altura de la edificación. La altura del paciente es de 9 metros con 35 centímetros.

Área de la edificación. Área del terreno 437.9 m², área construida 513.3 m².

Número de pisos. Tres plantas. Cuatro niveles

Estado general de conservación. De acuerdo con las tablas de Fitto y Corvini el inmueble presenta un estado de conservación clase 4 (Malo), teniendo en cuenta que existen las siguientes clases de estados de conservación de acuerdo a la resolución 620/2008 del IGAC que recoge las teorías de Fitto y Corvini así:

Clase 1. El inmueble está bien conservado y no requiere intervenciones ni en estructura ni acabados. Estado Excelente

Clase 2. El inmueble está bien conservado pero precisa algunas intervenciones pequeñas en acabados especialmente por estética. Estado Bueno

Clase 3. El inmueble requiere algunas reparaciones simples especialmente en pisos, pañetes y otros elementos no estructurales. Estado Regular

Clase 4. El inmueble requiere reparaciones de relevancia en su estructura y otros elementos constructivos. Estado Malo

Clase 5. El inmueble amenaza ruina. Estado Muy Malo

Intervenciones previas. Se aprecia un muro que extiende el cerramiento de un patio pequeño en la fachada oriental costados sur, que no tiene las mismas características de los demás ladrillos a la vista, de igual manera en el patio interior de la edificación en la zona sur existe una estructura de aproximadamente 4 años, que cuenta con un nivel, mampostería confinada con viguetas, pisos en mortero, y cubierta en zinc.

Licencia de construcción. Se presume que la construcción de este inmueble fue entre 1955 y 1960, para la época este no era un requisito indispensable para construir o al menos no exigible por las autoridades de la época, ya que fue solo hasta la expedición del decreto 3133 de 1968, que la ciudad de Bogotá se organizó como distrito especial, y se creó una junta de planeación distrital en el capítulo VI de esta norma que contaba con una secretaría técnica llamada departamento administrativo de planeación distrital; este decreto indicaba en su artículo 36 que los proyectos de construcción de edificaciones debían ser aprobados por la junta de planeación distrital y de no ser así no se les suministraría servicios públicos por las empresas del distrito, sin embargo no menciona licencias de construcción. No fue sino hasta el acuerdo 6 de 1990 cuando se adoptó el Estatuto para el Ordenamiento Físico del Distrito Especial de Bogotá y se empezó a hablar de licencias de construcción, licencias de urbanismos, parcelación, ampliación, modificación, entre otras, más tarde con la entrada en vigencia del decreto ley 1421 de 1993, que deroga el decreto 3133 de 1968 y Bogotá se convirtió en Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá reorganizó sus secretarías y funciones, posteriormente el decreto 2150 de 1995, crea las curadurías urbanas las cuales tomaron la facultad de conceder licencias de construcción, lo cual se mantiene hasta la fecha en la ciudad de Bogotá.

Información existente. Se trata de una edificación perteneciente a la Policía Nacional, que dejó de recibir mantenimiento desde el año 2006, por lo cual empezó a presentar filtraciones por las cubiertas que son entramados en madera recubiertos con mortero y manto asfáltico, lo

cual genero deterioros en todos los pisos especialmente en pañetes, cielo rasos y pisos, elementos contruidos en un 80% en madera, por esta razón empezaron a ser deshabilitados varios espacios de la edificación. El FOPAE hoy IDIGER realizó visita en el año 2011 y recomendó a través del documento DI-5721 no utilizar el inmueble hasta realizar mantenimiento, reforzamiento y mejoramiento del inmueble, sin embargo al inmueble no se le intervino. En 2012 el FOPAE hoy IDIGER, realizó de nuevo visita y encontró que la degradación de los elementos constructivos estaba muy avanzada por la acción de la humedad, por ello en el documento RO-54326 reafirmo las restricciones y recomendaciones sobre el inmueble. Nuevamente en 2014 el FOPAE hoy IDIGER, realizo diagnostico técnico al inmueble e indico a través del documento DI-7468 que las lesiones en el inmueble han aumentado debido a que no han sido subsanadas las novedades especialmente relacionadas con filtraciones y recomienda realizar un estudio detallado que permita deducir los daños en la edificación y la intervención que debe realizarse, además de mantenerse las restricciones al lugar.

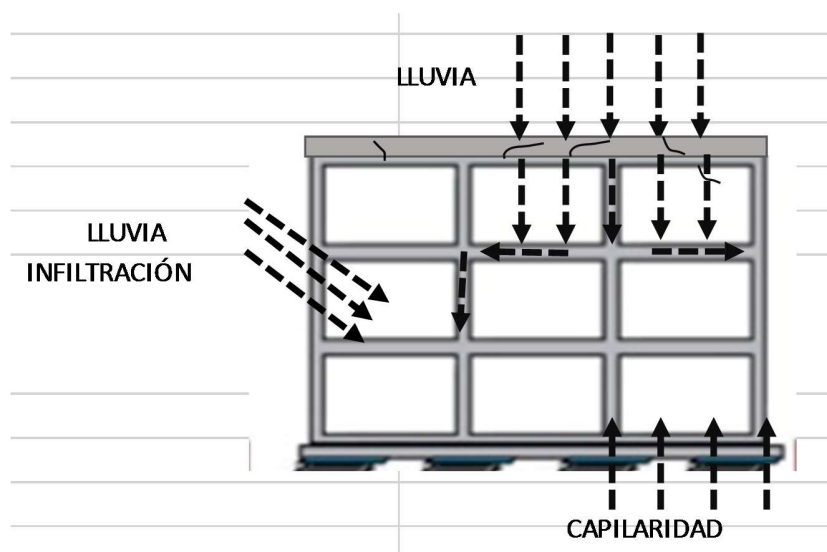
Habitabilidad/Utilización. La edificación tiene restricciones de uso por el IDIGER sin embargo la comunidad construyo en el patio de la edificación una estructura de un nivel para que siguiera funcionando el CAI y los uniformados tuvieran una oficina para atender al público.

Fidelidad de los planos. No se cuenta con planos de la edificación por lo tanto se realizó un levantamiento en planta y en alzado para establecer los espacios del mismo, es necesario el levantamiento arquitectónico, estructural y de redes del inmueble.

Constatación de estado. Una vez realizada la visita técnica al paciente se encontró que las columnas se encuentran en buen estado, así como el entrepiso del primer nivel el cual es de concreto, los entrepisos de los niveles superiores presentan avanzado deterioro especialmente en los elementos en madera al igual que los ciellorrasos; se evidencia colapso de la cubierta en uno de los cuartos del tercer piso y colapso del ciellorraso en uno de los cuartos en el primer piso, de igual forma se observa presencia de organismos vegetales en muros y cielos debido al alto contenido de humedad, se observa la existencia de una colonia de palomas que habitan los cielos de todos los pisos del inmueble, las fachadas también presentan deterioro por la humedad, especialmente la fachada norte, los elementos de carpintería metálica presentan oxidación.

Aplicación patológica. El paciente presenta una aplicación patológica tipo geriátrica ya que el paciente tiene aproximadamente 60 años de vetustez. Pero cuenta con una intervención pediátrica de dos años en el patio.

Representación gráfica de la patología más relevante.



Gráfica 4 Representación gráfica de la patología más relevante
Fuente: Propia

Descripción de la patología más relevante. El paciente presenta lesiones de tipo físico manifestadas a través de humedades provocadas por filtraciones que inician en la cubierta y traspasan cada uno de los contra pisos deteriorando los elementos constructivos, especialmente los pisos y entramados de cielorrasos en madera, además de los muros, algunas columnas y vigas.

Esta lesión es la primaria ya que fue la primera que atacó la edificación y la que está causando las demás, su causa es directa debido a la acción de agentes atmosféricos sobre el manto asfáltico de la cubierta hasta su total deterioro y por la falta de mantenimiento de la misma esta lesión avanzó de manera inclemente sobre la edificación hasta dejarla en el mal estado que hoy se encuentra.

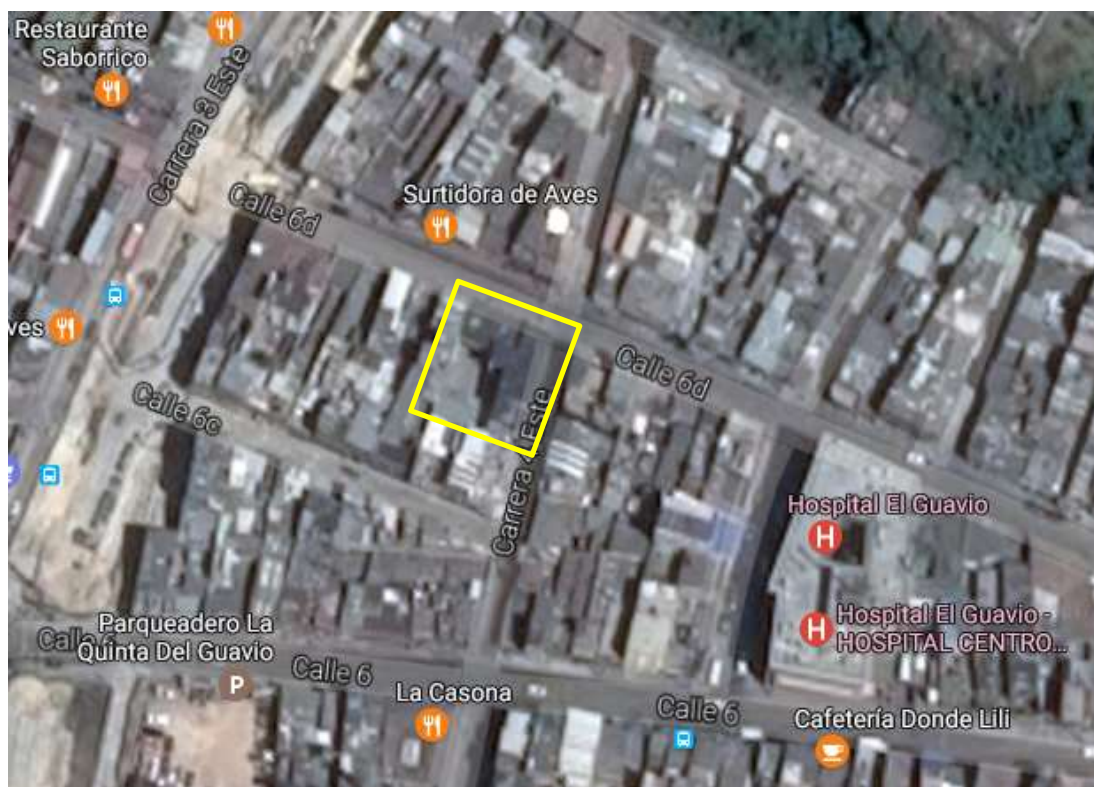
Clasificación y origen posible de la patología.

- *Clasificación de la lesión* – Física.
- *Manifestación* - Humedad por filtración.
- *Tipología* - Primaria.
- *Causa* – Directa.

Datos Generales del Entorno.

Edificaciones u obras vecinas. En el recorrido por el sector se encontró que las edificaciones vecinas no afectan directamente el inmueble objeto de estudio y este a su vez no afecta otras construcciones, ya que las lesiones son en la parte central del inmueble.

A continuación, se muestra una fotografía aérea del entorno del paciente:



Fotografía 2. Vista aérea del CAI el Guavio

Fuente: Google Maps (2016), Place CAI Guavio (Vista Earth), Recuperado de <https://www.google.com.co/maps/place/CAI+Guavio/@4.5907264,-74.0707135,219m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x36214b86f8023c03!8m2!3d4.5892619!4d-74.0715735>

Medio ambiente. Húmedo.

Temperatura. 14 °C.

Humedad relativa promedio. Su promedio se encuentra entre los 77% a 83%.

Precipitaciones. 797 mm.

Velocidad del viento. Presenta un promedio de 11.2 (Km/h).

Movimientos en masa. La zona presenta una Amenaza Media de acuerdo con la clasificación del IDIGER.

Sismicidad. Para el Servicio Geológico Colombiano, Bogotá presenta sismicidad Alta, ya dentro de la microzonificación Sísmica el barrio se encuentra ubicado en la Zona 5 perteneciente a terrazas y conos donde presenta un periodo inicial de 0.5, periodo corto de 3, periodo largo de 5.71, Aceleración máxima de 0,2, Aceleración Nominal 0.3, Factor de amplificación de aceleración 1, factor de amplificación en el rango de velocidades constantes 25.96.

Topografía. Se encuentra en una zona de ladera con pendiente de 21°.

Nivel freático. No se encontró nivel freático en la realización de la exploración. No obstante, es preciso aclarar que las exploraciones fueron realizadas en un periodo de tiempo con un clima predominantemente seco, por lo cual se espera que la localización del nivel freático varíe significativamente en otros periodos del año. Se asume a 1.0m de profundidad para los cálculos.

Escorrentías. No pasa cerca de la edificación cuencas de drenaje superficiales con lámina de agua que afecten la cimentación u otros elementos estructurales, de igual manera, para determinar escorrentías subterráneas es necesario realizar sondeos.

Sistema de coberturas vegetales. Se encuentra cerca a los cerros orientales los cuales poseen especies nativas (bosques, rastrojos, matorrales, vegetación de páramo y cordones riparios).

Arquitectura.

Descripción general:

En concordancia con el terreno inclinado, la distribución de los espacios se realiza mediante niveles, dos niveles hacia la zona norte y dos hacia el costado oriental, el diseño permite vínculos de tipo visual, un patio central al interior, un punto fijo protagonista en el juego de volúmenes puros y planos horizontales, libre de cerramientos al igual que la circulación perimetral aportando a la disolución de los límites espaciales.

El acceso principal se realiza desde la fachada norte, mediante dos puertas, una para el ingreso de personas, otra para el ingreso de vehículos en este nivel de acceso se encuentra el vestíbulo, al costado oriental un salón, un semisótano que funcionaba como calabozos, y el punto fijo; al costado sur se observa una construcción con 4 años de antigüedad de 1 nivel, en mampostería confinada con viguetas, pisos en mortero, y cubierta en zinc, que alberga a los oficiales de policía.

En el segundo nivel hacia el costado oriental de la edificación se encuentran 3 salones, uno de ellos funcionaba como auditorio, una batería de baños, una cocina y un pequeño patio con altura libre, en el cual se encuentra una puerta de acceso a la edificación.

En el tercer nivel costado norte, se encuentran dos salones y una batería de baños, y finalmente en el cuarto nivel, costado oriental se encuentran 5 salones y una batería de baños, en este nivel se encuentra un balcón con vista al costado norte.

La cubierta es plana y cuenta con aleros que cubren la circulación perimetral.

Estilo Arquitectónico: El edificio construido entre los años 50 y 60 presenta en su fachada características típicas de la arquitectura moderna adaptada al contexto local, como el

rigor compositivo y la sencillez, las ventanas corridas y el manejo de formas puras, así como el uso de grandes aleros, tanto en el exterior como en el interior.

Contexto Histórico:

la elite de los años cincuenta y sesenta en Bogotá se puede caracterizar como un grupo de profesionales- abogados, ingenieros, arquitectos, constructores, intelectuales, empresarios o comerciantes comprometidos con la concreción de una imagen de ciudad que los acercara al mundo moderno, tecnológico y de confort que conocían del extranjero por esto durante los años cincuenta y sesenta en Colombia se experimentaron cambios importantes tanto en el ámbito social, político y económico, como en la configuración del paisaje urbano, se construyeron edificaciones como aeropuertos, edificios de la administración pública, oficinas, vías importantes como la carrera decima etc., siguiendo las pautas observadas en obras modernas diseñadas en Europa y Estados Unidos entre 1920 y 1960 adaptándolas a nuestro contexto logrando un estilo autentico.

Monumento de conservación:

La edificación no pertenece a la categoría de bienes de interés cultural.

Materiales

La tradición constructiva de los bogotanos antes de la implementación del concreto como material principal, estaba fundamentada en la utilización del ladrillo, ya que era un material que hacia parte de la tradición constructiva traídas por los conquistadores españoles, durante siglos esta tradición se mantuvo, hasta que el concreto se volvió popular y asequible para todos los sectores de la población, es así como vemos en esta edificación un sistema combinado con pórticos en concreto no reforzado con muros de mampostería simple, lo que permite la modificación de la casa tradicional en su forma, no obstante se mantiene la madera como elemento estructural para los entresijos y la cubierta, estos recubiertos a su vez con una delgada capa de mortero lanzado. La escalera es fundida en concreto y sus barandas así como otros elementos como los marcos de ventanas y puertas son en carpintería metálica. En las fachadas tenemos ladrillo pintado de verde y blanco en combinación con paños de granito pulido.

Estructura. El sistema estructural para resistencia de fuerzas horizontales de la edificación del Proyecto Caí El Guavio ubicado en la Calle 6D No. 3 - 67 en Bogotá, es un sistema combinado con pórticos en concreto no reforzado con muros de mampostería simple. Las columnas no cuentan con acero de refuerzo longitudinal, lo cual no garantiza ductilidad en el elemento ante fuerzas horizontales.

El sistema de piso está conformado por viguetas y losa en madera. Los pórticos están conectados de forma perimetral con vigas en concreto reforzado. Las vigas tienen acero de refuerzo liso, tanto longitudinal como transversal. Los muros de mampostería son en ladrillo tolete macizo.

Calificación de la estructura.

Por diseño y construcción A.10.2.2.1. (Calidad del diseño y la construcción de la estructura original). La edificación fue concebida y construida sin ninguna norma sismo resistente, razón por la cual sus estándares de diseño no son adecuados en términos de comportamiento estructural. Con respecto a la calidad de la construcción, es necesario considerar dos aspectos: la calidad de los materiales y el método constructivo empleado. A partir de los ensayos de campo realizados, se pudo ver que el concreto presentaba características de baja resistencia, mezclando concreto con mampostería como material portante. Por las razones anteriores, la calidad del diseño y de la construcción de la estructura, se califica como MALA.

Por estado de la estructura A.10.2.2.2. (Estado de la estructura). Mediante la inspección visual y las exploraciones realizadas, se determinó que en general los elementos estructurales portantes se encuentran en mal estado, se presentan varias patologías estructurales de diferentes naturalezas. Existen colapsos parciales del sistema de entrepiso y los muros tienen problemas de humedad y fisuración. El estado de la estructura existente se califica como MALA.

Evaluación de la estructura en general. Como consecuencia de las calificaciones dadas en el numeral anterior, se tiene que los coeficientes de reducción para la resistencia efectiva de los elementos de la estructura son:

□ Por calidad del diseño y la construcción: 0,6 □ Por el estado de la edificación: 0,6

De esta manera, la resistencia efectiva será: $0,36 \cdot \text{Resistencia existente}$

La resistencia existente se ve reducida para los elementos individuales y para la estructura general. Entendiendo como resistencia existente, la capacidad de cada elemento para responder dentro del rango elástico a las solicitaciones que le son impuestas por las condiciones de carga.

Determinación de la zona sísmica y valor de A_a y A_d . De acuerdo con la NSR10 Título A, Bogotá se encuentra ubicada en zona de amenaza sísmica Alta cuyo valor de A_a (coeficiente que representa la aceleración, horizontal pico efectiva) es de 0.15 y de A_v (coeficiente que representa velocidad horizontal pico efectiva) 0.20.

Determinación de Cargas Sobre los Elementos. La edificación presenta cargas permanentes correspondientes a las cargas muertas, de los elementos estructurales y no estructurales tales como vigas, columnas, dinteles, losas, muros, ventanas, plomería, instalaciones eléctricas, cielos, rellenos de pisos y acabados en general. También presenta cargas por empuje del suelo ya que se encuentra en un nivel inferior al de la carrera 4° este, entonces el primer piso hace las veces de sótano y el segundo como primero al nivel de esta carrera, presenta cargas vivas por los funcionarios que ingresan al lugar, presenta importantes cargas de viento debido a su posición de pie de monte junto a los cerros orientales en terrazas y conos, donde el aire cálido sube y el frío desciende, durante los sismos generará cargas de empujes verticales y empujes horizontales, de igual manera presenta cargas térmicas producidas por temperaturas medias en el día y bajísimas temperaturas en la noche.

A continuación, se muestra el avalúo de cargas de la edificación

Cubierta.

Tableros de madera, 75 mm: $0.40 \frac{kN}{m^2}$

$$\text{Cielo raso } 0.25 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga muerta

$$0.4 + 0.25 = 0.65 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga viva (uso institucional)

$$L = 1.6 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga de servicio

$$S = D + L = 0.65 + 1.6 = 2.25 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga de diseño

$$U = 1.4D + 1.7L = 1.4 * 0.65 + 1.7 * 1.6 = 2.98 \frac{kN}{m^2}$$

Factor de Carga

$$F_c = \frac{U}{S} = \frac{3.28}{2.98} = 1.1$$

Entrepisos.

$$\text{Placa } 24 \frac{kN}{m^3} * 0.1m = 2.4 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Viga } 24 \frac{kN}{m^3} * 0.25m * 0.25m/1m = 1.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Viguetas } 24 \frac{kN}{m^3} * 0.15m * 0.15m/1m = 0.54 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Cielo raso } 0.25 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Baldosa } 1.10 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Pisos de madera } 0.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Durmientes de madera } 0.15 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Mampostería de bloque de arcilla Pañetado en ambas caras: } 0.20 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Ventanas, vidrio, entramado y marco: } 0.45 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga muerta

$$D = 2.4 + 1.5 + 0.54 + 0.25 + 1.10 + 0.2 + 0.15 + 0.20 + 0.45 = 6.79 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga viva (institucional)

$$L = 4.0 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga de servicio

$$S = D + L = 6.79 + 4.0 = 10.79 \frac{kN}{m^2}$$

Total, Carga de diseño

$$U = 1.4D + 1.7L = 1.4 * 6.79 + 1.7 * 4.0 = 16.306 \frac{kN}{m^2}$$

Factor de Carga

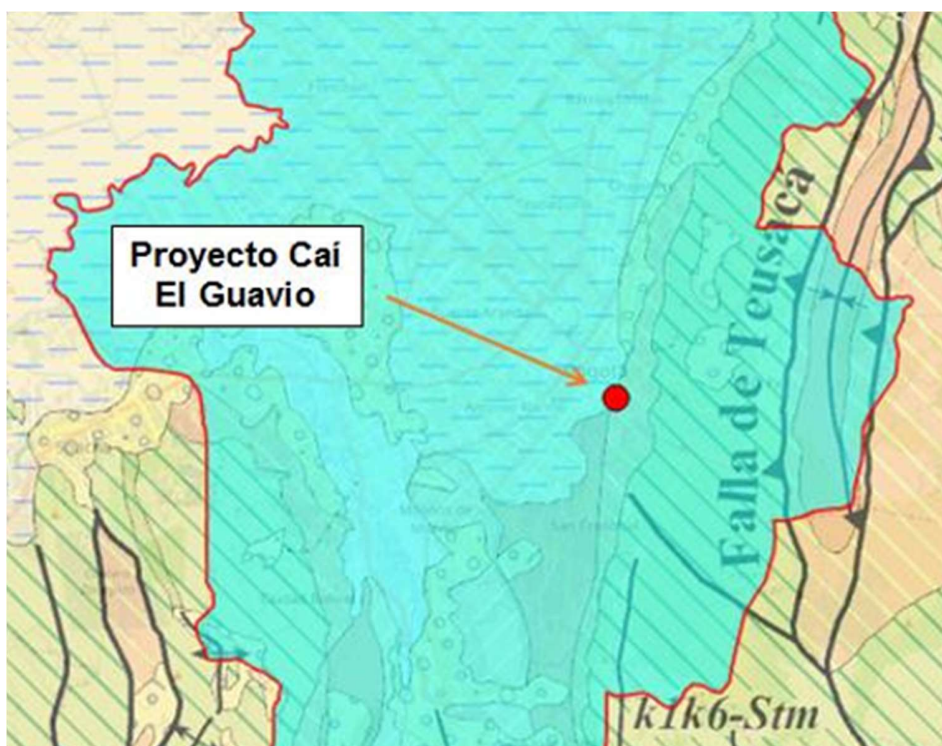
$$F_c = \frac{U}{S} = \frac{16.306}{10.79} = 1.51$$

Relación entre demanda y capacidad. La edificación es de uso institucional inicialmente para oficinas y mayoritariamente para alojamiento de personal uniformado en el edificio, con la rehabilitación la edificación quedaría con uso institucional mayoritariamente para oficinas y

salas de audiencia de aplicación del Código Nacional de Policía, la edificación puede soportar esta demanda y ser sostenible ya que el uso no varía de manera importante.

Suelos y Cimentaciones.

Geología general del paciente. La altiplanicie de la Sabana de Bogotá, situada en la parte central de la Cordillera Oriental, es un amplio sinclinorio con orientación SSW-NNE, en rocas sedimentarias del Cretáceo Medio hasta el Cuaternario (Hubach, E., 1957). Las rocas del Grupo Villeta y las Formaciones Guadalupe, Guaduas, Cacho y Bogotá, se encuentran hoy fuertemente plegadas, falladas y diaclasadas (Cretáceo Medio a Terciario Inferior).



Gráfica 1. Geología general del paciente
Fuente: Servicio Geológico Colombiano. SGC (2015).

De acuerdo al servicio geológico colombiano (SGC), el proyecto dentro de Bogotá D.C. se encuentra en el límite de la unidad geológica de la Formación Deposito Lacustre (Q1-l) conformado por arcillas, turbas, y arcillas arenosas con niveles delgados de gravas. Localmente, capas de depósitos de diatomeas de edad pleistocena. Muy cerca se encuentra la unidad

geológica de la Formación Guaduas (k6E1-Stm) conformada por arcillolitas rojizas con intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino. Mantos de carbón a la base, de edad Maastrichtiano-Paleoceno.

De igual manera se encuentra cerca a la Falla de Teusacá, que es de tipo inversa o de cabalgamiento. En la Figura 4-1 se observa la localización del proyecto en el mapa geológico 2015 del servicio geológico colombiano.

La geología local se obtiene de la microzonificación geotécnica de Bogotá, realizada en el decreto 523 de 2010, donde se realizó un estudio de mayor detalle de la composición de los suelos de Bogotá, el lote donde se localiza el proyecto se encuentra ubicado sobre la zona nombrada como (Depósito Ladera), conformado por una matriz de limo que encierra gravas, cantos y bloques de roca en su interior. Los depósitos de ladera son conocidos también como depósitos gravitacionales.

Estudio de suelos realizado en el paciente. Se realizó estudio de suelo en el paciente por la empresa BRV Ingeniería y Planeación.

El estudio tuvo como principal objetivo realizar la caracterización del suelo y la cimentación del edificio en el sitio del paciente para dar las recomendaciones de cimentación para la estructura.

Como objetivos particulares se incluyen los siguientes:

- Visita al sitio por parte de un Ingeniero Geotecnista.
- Realización de dos apiques de auscultación de la cimentación con una profundidad de 1.50 metros para la debida caracterización mecánica de las propiedades del suelo y tres sondeos manuales con una profundidad máxima alcanzada de 6.00 metros.
- Ejecución de ensayos de laboratorio para la determinación de propiedades del subsuelo tales como: humedad natural, granulometría, límites de Atterberg, etc.

- Determinación de la estratigrafía, las propiedades geomecánicas del subsuelo y el comportamiento del nivel freático.
- Elaboración de un informe escrito, indicando los aspectos evaluados y las recomendaciones de cimentación para el refuerzo proyectado.

Los resultados del estudio de suelos son anexados al presente TPI como el apéndice D ESTUDIO DE SUELOS.

Tipo de cimentación realizada. El sistema de cimentación actual del Caí El Guavio asunto del presente estudio cuenta con un sistema de cimentación superficial tipo zapatas cuadradas en concreto simple, con una dimensión aproximada de 1.40 x 1.40 metros, cimentadas aproximadamente a 70 cm, con un espesor de 35 cm. Esto se pudo evidenciar con los apiques de auscultación realizados cerca de las columnas de la primera planta para la exploración del subsuelo.

Por otra parte, la cimentación actual fue construida hace más de cincuenta años, pero no se evidencian fisuramientos, hormigqueo, vacíos ni agrietamientos en las zapatas, en la estructura no se evidencian patologías generadas por asentamientos. Se concluye que la cimentación está en buen estado para su edad y su dimensionamiento es adecuado, sin embargo, no tiene acero de refuerzo que permita resistir un sismo, adicional a esto se debe reevaluar la dimensión de las zapatas si las cargas cambian con el refuerzo de la estructura.

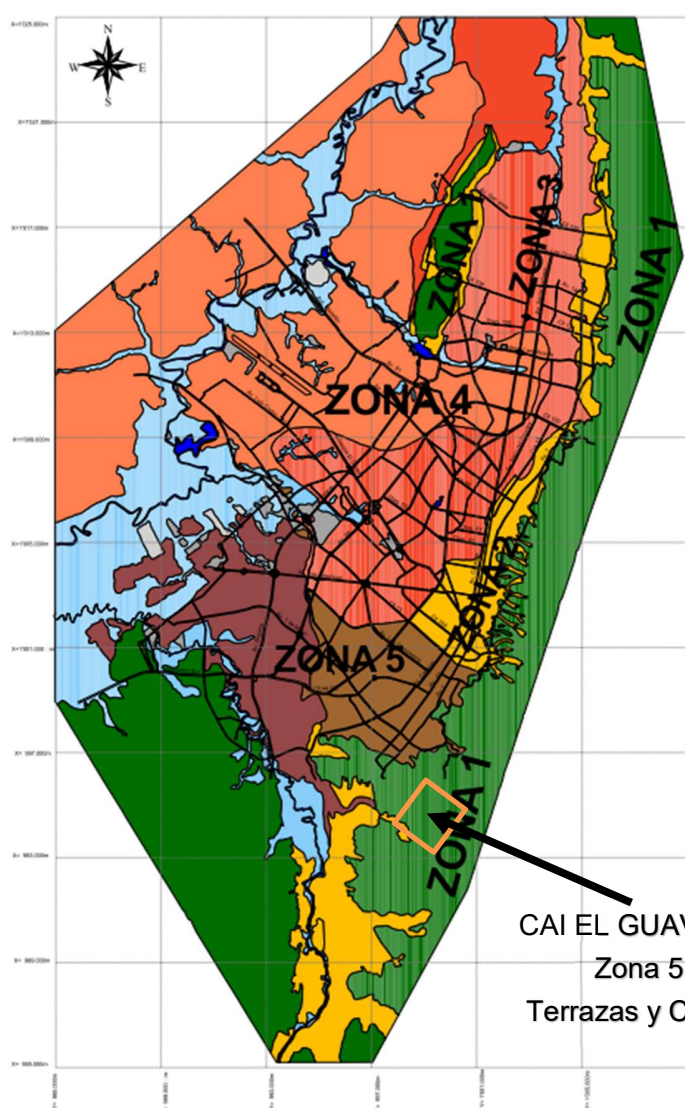
Estudio de vulnerabilidad sísmica. Se realizó estudio de vulnerabilidad y propuesta de reforzamiento al paciente por la empresa BRV Ingeniería y Planeación.

El estudio tuvo como principal objetivo determinar la vulnerabilidad estructural ante sismo de la edificación, con el fin de poder determinar las posibles opciones de reforzamiento más adecuadas.

Como objetivos particulares se incluyeron los siguientes:

- Visita al sitio por parte de un Ingeniero Estructural.
- Realización de una identificación y levantamiento de patologías estructurales en los principales elementos de la edificación.
- Descripción estructural de la edificación y lineamientos del título A.10 de la NSR-10, con el fin de determinar las condiciones actuales de la estructura.
- Análisis estructural mediante un modelo computacional en 3D. ETABS.
- Determinación de la vulnerabilidad estructural mediante la obtención de los índices de flexibilidad y sobreesfuerzo.
- Recomendaciones de dos (2) alternativas de intervención para reforzamiento estructural

Los resultados del estudio de vulnerabilidad son anexados al presente TPI como el apéndice E ESTUDIO DE VULNERABILIDAD.



- Zona 1 - Cerros
- Zona 2 - Piedemonte
- Zona 3 - Lacustre A
- Zona 4 - Lacustre B
- Zona 5 - Terrazas y Conos
- Zona 5 A - Terrazas y Conos Potencialmente licuables
- Rondas de Rios y Humedales
- Rellenos de Basuras
- Rellenos de Excavación

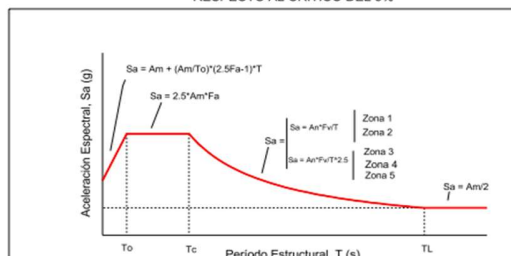
COEFICIENTES ESPECTRALES PARA DISEÑO

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
To	0.20	0.20	0.50	0.50	0.50
Tc	1.00	1.20	3.00	3.00	3.00
TL	5.00	6.00	5.71	5.71	5.71
Am	0.24	0.30	0.25	0.16	0.20
An	0.30	0.40	0.30	0.20	0.30
Fa	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fv	2.00	2.25	32.48	31.18	25.98

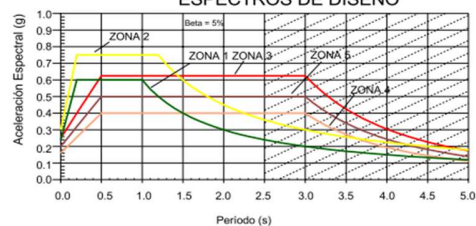
PARAMETROS

To : Período Inicial
Tc : Período Corto
TL : Período Largo
Sa : Aceleración Espectral
Am : Aceleración Máxima
An : Aceleración Nominal
Fa : Factor de Amplificación de la Aceleración
Fv : Factor de Amplificación de la Aceleración en el rango de velocidades constantes

ESPECTRO DEFINIDO PARA UN COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO RESPECTO AL CRÍTICO DEL 5%



ESPECTROS DE DISEÑO



NOTAS:

- (a) En la zona 1 - Cerros debe consultarse en forma complementaria el Mapa de Riesgos de Deslizamientos. Además deben realizarse estudios particulares de amplificación local y estabilidad para la construcción de obras.
- (b) En la zona 5A debe evaluarse el potencial de licuación para la construcción de obras.
- (c) Para la zona de períodos mayores que 2.5 seg. (zona achurada de los espectros de diseño) y que corresponde a estructuras especiales deben realizarse estudios locales de respuesta para determinar la forma del espectro de diseño en ese rango de períodos.
- (d) En todos los límites de las Zonas debe establecerse una franja de transición de unos 500 m a cada lado. En estas zonas de transición se debe tomar la aceleración de diseño más exigente que resulte de los espectros de diseño de las zonas adyacentes.
- (e) Podrán utilizarse fuerzas de diseño menores a las que resultan de la utilización de los espectros de diseño recomendados siempre y cuando se demuestre mediante análisis de respuesta de perfiles debidamente estudiados.
- (f) Para efectos de aplicación de requisitos complementarios del Código Colombiano, la ciudad sigue perteneciendo a una zona de Amenaza Sísmica Intermedia.
- (g) Los valores de Aa y Av dados por el Código no deben emplearse si se va a utilizar el Mapa de Microzonificación propuesto. En ese caso deben utilizarse los coeficientes Am y An equivalentes.
- (h) Deberá tenerse especial cuidado para el diseño de estructuras de corto período en la selección del valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía para el sistema estructural, R. En algunos casos, este valor ha sido incrementado artificialmente en el Código para balancear la forma sujeta por el Código en este rango de períodos. Se recomienda utilizar un valor de R compatible para el espectro de diseño directamente con el sistema estructural y los materiales que se utilicen.
- (i) Cada una de las Zonas Sísmicas en que se ha dividido la ciudad involucra un valor diferente de Am, que corresponde a la aceleración máxima del terreno para dicha zona. Estos valores de aceleración pueden utilizarse en el diseño de estructuras muy rígidas (de bajo período) o en el diseño de obras geotécnicas como excavaciones, muros de contención, terraplenes y otros.

Gráfica 6. Mapa de ubicación del paciente en la microzonificación sísmica de la ciudad.

Fuente: Servicio Geológico Colombia, pagina web www.seisan.sgc.gov.co. Microzonificación sísmica Bogotá. Mapa de microzonificación sísmica de Bogotá. Recuperado de: http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/Mapa_Microzonifica_Sismica.pdf

Diagnóstico

La localización y el levantamiento de daños se encuentran debidamente documentados en el Anexo N° 2 Localización y levantamiento de daños mediante fichas de historia clínica.

Lesiones físicas. El paciente presenta humedades en pisos, muros y cielos.

Origen. Las lesiones se originaron debido a falta de mantenimiento del manto asfáltico de la cubierta, y por el desgaste de este material empezó a generar filtraciones paulatinamente por diferentes partes de la cubierta como se muestra en la fotografía 3 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico.

Causa. Es directa producida por el efecto atmosférico de la lluvia, la cual por medio de filtración llega al 60% de la edificación, se trata de la lesión primaria que genera otras lesiones, a continuación, se observan las filtraciones en el paciente en la fotografía 4 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico.

Evolución. La humedad ha penetrado la cubierta en el bloque Este filtrándose por la cubierta, pasando el entre piso entre el tercer y segundo nivel no ha llegado al primero debido a la losa aligerada, en este bloque afectó el entramado de la cubierta, el entrepiso el corredor del tercero y segundo piso, los cuartos, los muros divisorios y muros perimetrales, ya provocó colapso de la cubierta en el baño del tercer piso; en el bloque Norte la humedad penetra por la cubierta afectando el entramado de cubierta y el entre piso con el primer nivel afectando los muros divisorios y contra piso así como los cielos de los cuales ya hubo colapso en un cuarto. La evolución puede observarse en la fotografía 5 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico.

Estado actual. La edificación presenta un elevado estado de deterioro debido a la humedad especialmente en elementos no estructurales como cubiertas, entre pisos, muros y carpintería, de igual manera presenta un nivel alto de suciedad y erosión por las mismas humedades como se puede ver en la fotografía 6 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico.

Lesiones químicas. El paciente presenta lesiones orgánicas de tipo vegetal, especialmente helechos y musgos en cubiertas pisos, muros y cielos.

Origen. La presencia de organismos vegetales debe su origen a la degradación causada por la meteorización en los elementos constructivos de la edificación que aporta nutrientes y un ambiente apropiado para arraigar sus raíces además de la presencia permanente de agua, lo que completa su posibilidad de existir y reproducirse en el edificio.

Causa. Su causa es directa debida a la presencia de humedad por factores atmosféricos, se trata de una lesión secundaria causada por el ingreso de agua a través de diferentes fisuras en la edificación.

Evolución. Existe un posicionamiento importante de especies vegetales que se encuentran extendiéndose por las paredes, pisos y cielos del edificio, ya que tienen unas condiciones ideales de reproducción y ningún enemigo al momento.

Estado actual. La edificación presenta un elevado estado de deterioro que se incrementa paulatinamente con la penetración de las raíces de las plantas y su posterior extensión, las cuales adicionalmente permiten humedad constante localizada debilitando aún más los materiales ya afectados, como se observa en la fotografía 7 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico.

El paciente también presenta dentro de las lesiones químicas lesiones orgánicas de tipo animal, especialmente colonias de palomas.

Origen. La presencia de organismos animales debe su origen a la degradación causada por la meteorización en los elementos constructivos de la edificación y al abandono de la misma lo que permite un ambiente apropiado para que estas aves fabriquen sus nidos y se reproduzcan en el edificio.

Causa. su causa es directa debida al desmoronamiento de los cielos por la humedad lo que ha abierto espacios para que las aves ingresen y hagan sus nidos en los recovecos de los

misimos, se trata de una lesión secundaria causada por lesiones físicas anteriores en la edificación.

Evolución. Existe un posicionamiento importante de aves en el edificio que se encuentran incrementándose de manera exponencial, ya que tienen unas condiciones ideales de reproducción y ningún enemigo al momento.

Estado actual. La edificación presenta un elevado estado de deterioro que se incrementa paulatinamente con la presencia de estos animales que generan desechos orgánicos de su alimentación, además de la descomposición de sus plumas y de sus organismos al morir, esto hace que los elementos constructivos se deteriores aún más y propicien ambientes para la generación de más especies animales y vegetales. Esta lesión se observa en la fotografía 8 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico.

El paciente también presenta dentro de las lesiones químicas lesiones por oxidación que se presenta en la corrosión de elementos metálicos.

Origen. La corrosión de la carpintería metálica se presenta por el exceso de humedad y la falta de mantenimiento de la misma.

Causa. su causa es directa debida a la meteorización causada por la lluvia que desmorona la pintura de protección y activa el metal, se trata de una lesión secundaria causada por lesiones físicas anteriores en la edificación.

Evolución. Toda la carpintería tanto interior como exterior se encuentra permanentemente en contacto con la humedad, lo que ha hecho que la corrosión se generalice en todos estos elementos.

Estado actual. La edificación presenta un elevado estado de deterioro en su carpintería metálica que puede comprometer los elementos estructurales. Esta lesión se observa en la fotografía 9 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico.

Lesiones mecánicas. El paciente presenta lesiones mecánicas del tipo desprendimientos, grietas y fisuras, especialmente en elementos no estructurales como pisos y cielos.

Origen. La presencia de desprendimientos, grietas y fisuras debe su origen a la degradación causada por la meteorización en los elementos constructivos de la edificación por causa de filtraciones constantes que los han deteriorado, lo que provoca su insuficiencia mecánica.

Causa. Su causa es directa debida a la presencia de humedad por factores atmosféricos, se trata de una lesión secundaria causada por el ingreso de agua a través de diferentes fisuras en la edificación.

Evolución. Existe un progreso muy importante de estas lesiones en los pisos y cielos del edificio, ya que tiene unas condiciones ideales para su propagación.

Estado actual. La edificación presenta un elevado estado de deterioro que se incrementa paulatinamente con la penetración de la humedad, lo que hace que los elementos se deterioren cada vez más y continúen perdiendo sus propiedades mecánicas, la estructura parece estar bien y no presenta lesiones aparentes, sin embargo es necesario realizar una evaluación completa ya que lleva expuesta a la humedad aproximadamente cinco años y es necesario determinar qué efecto ha causado en la misma, a continuación se muestra en la foto 10 del Anexo N° 1 Álbum Fotográfico las lesiones mecánicas en cielos y pisos.

Ensayos de Campo.

Para conocer el estado de la edificación en cuestión, se realizaron diferentes ensayos con el fin de caracterizar las propiedades de los materiales que componen la estructura y realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de la edificación para lo cual se realizaron los siguientes ensayos relacionados en la Tabla 1.

Tabla 1.
Ensayos de Campo

Ensayo Destructivo
Exploración de la Cimentación – Apique de Auscultación
Ensayos No Destructivos
Detección Magnética de Armaduras
Resistencia del Concreto mediante Esclerómetro
Prueba de Ultrasonido
Clinómetro
Análisis de Carbonatación del Concreto

Fuente: Propia

Ensayos Destructivos.

- Exploración de la Cimentación
- Tipología y Dimensiones de la Cimentación

El sistema de cimentación actual del Caí El Guavio asunto del presente estudio cuenta con un sistema de cimentación superficial tipo zapatas cuadradas en concreto simple, con una dimensión aproximada de 1.40 x 1.40 metros, cimentadas aproximadamente a 70 cm, con un espesor de 35 cm.

Para realizar una evaluación de la cimentación lo primero que se realizó fue una auscultación visual del entorno de la edificación, así como de la cimentación mediante un apique continuo a la columna cilíndrica de la primera planta como se observa en la Fotografía 3



Fotografía 3. Localización del Apique de auscultación
Fuente: BRV S.A.S.

Estado de la Cimentación. La cimentación actual fue construida hace más de cincuenta años, teniendo en cuenta esto, se concluye que la cimentación está en buen estado para su edad y su dimensionamiento es adecuado, sin embargo, no tiene acero de refuerzo que permita resistir un sismo, adicional a esto se debe reevaluar la dimensión de las zapatas si las cargas cambian con el refuerzo de la estructura.

Estabilidad de la Cimentación y de las Estructuras Vecinas. La cimentación se considera estable, no se aprecian patologías generadas por asentamientos, no se evidencia problemas de capacidad portante en todos los años de construcción por lo cual se concluye que la cimentación es estable. De igual manera se afirma que la estabilidad en cuanto a un sismo no es buena, ya que la cimentación no cuenta con el refuerzo necesario para resistir un evento como éste.

La estabilidad de las estructuras vecinas no depende de la edificación del Caí producto del presente estudio, se realizó una visita a los predios vecinos donde se evidenciaron patologías no estructurales, se evidenciaron humedades en las paredes.

Lesiones presentadas en la Cimentación. No se evidencian fisuramientos, hormigueo, vacíos ni agrietamientos en las zapatas, en la estructura no se evidencian patologías generadas por asentamientos.



Fotografía 4. Apique de auscultación
Fuente: BRV S.A.S.

Extracción de Núcleos. El ensayo de extracción de núcleos de concreto consiste en taladrar los elementos estructurales para extraer un cilindro que posteriormente se ensaya a compresión para determinar su resistencia. En este caso no es recomendable realizar este ensayo por dos razones en específico. La primera es el alto grado de vulnerabilidad de la edificación. Al reducir la sección transversal de una columna portante, se aumenta el grado de vulnerabilidad de la estructura, afectando la distribución de esfuerzos internos en el elemento estructural.

Adicionalmente, debido a la calidad de los materiales encontrados, no se puede garantizar que la distribución de esfuerzos en la sección transversal sea homogénea, generando planos de falla críticos que se intensifican con la extracción del núcleo.

La segunda razón recae en los resultados que se obtendrían del ensayo a compresión del núcleo extraído. Al tener un material tan heterogéneo, el ensayo a compresión indicará resultados irreales que no determinan con exactitud la resistencia a compresión del material encontrado. En estos casos es mejor basarse en referencias bibliográficas que tengan registros de diseños de la época y afectar estos datos con factores que se determinen según las observaciones realizadas en campo.

Tensión de Aceros. El ensayo de tensión de aceros no fue realizado por la misma razón que no se realizó en ensayo de extracción de núcleos, ya que el acero encontrado en los ensayos de detección magnética de armaduras que es un ensayo no destructivo y con las regatas realizadas, nos permite observar que el acero se encuentra en la mitad de las columnas y que son barras lisas. Por esta razón no se realiza el ensayo ya que se le quitaría estabilidad a la estructura y quedaría expuesta a un colapso inminente.

Se concluye aclara que debido al estado actual de la estructura y los materiales con los cuales se construyó originalmente la edificación, se recomienda no realizar ensayos destructivos tales como la extracción de núcleos y la tensión de aceros para la caracterización de materiales.

Ensayos no destructivos. Para establecer de manera acertada y precisa las propiedades mecánicas físicas y químicas, además de las posibles lesiones que padece el paciente se realizarán los siguientes ensayos No destructivos.

Detección magnética de armaduras. Con el fin de caracterizar la composición estructural de los elementos principales de la estructura, se realizaron los ensayos de detección del refuerzo.

correspondientes, con un total de quince (15) lecturas de acero de refuerzo mediante un Escáner de detección de armaduras.

La localización de las lecturas se realizó en todas las plantas que conforman la edificación del Caí. Los resultados obtenidos en los ensayos en campo tras realizar cada una de las lecturas realizadas se observa en la Tabla 3 2.

Tabla 2.

Resumen de los resultados del escáner

No. de la Muestra	Localización	Altura de piso (cm)	No. de Varillas	Recubrimiento (mm)
M1	N+0.00 B4	170	1	50
M2	N+0.00 B3	150	1	50
M3	N+0.00 B4	140	2	50
M4	N+3.60 A4	SIN REFUERZO		
M5	N+3.60 A1	110	1	70
M6	N+2.10 B4	130	2	70
M7	N+5.00 A5	110	1	70
M8	N+5.00 B2	130	1	70
M9	N+2.10 A5	160	1	70
M10	N+2.10 A5	180	2	70
M11	N+5.00 A1	SIN REFUERZO		
M12	N+0.00 B5	130	2	55
M13	N+3.60 C2	140	1	55
M14	N+3.60 E2	160	1	55
M15	N+0.00 E5	150	2	55

Fuente: BRV S.A.S.



Fotografía 5. Detección magnética de armaduras
Fuente: BRV S.A.S



Fotografía 6. Realización de regatas en columnas
Fuente: BRV S.A.S

Se evidencio en la realización de los ensayos de campo que no se cumple con la cantidad mínima de refuerzo que debe tener la edificación. En la mayoría de las columnas se registra una barra de refuerzo en la mitad del elemento estructural, lo cual concluye que es una estructura con falencias en su diseño estructural y que carece de reforzamiento.

Resistencia del concreto mediante esclerómetro. De la misma manera que se efectuaron los ensayos con el Escáner, se realizaron los ensayos de Esclerometria con el fin de tener una medida de la resistencia del concreto mediante un ensayo No Destructivo, para esto se realizaron los ensayos pertinentes, con un total de cinco (5) lecturas del martillo. Mediante la Tabla 3-4, tomada del manual del esclerómetro HT-225, se interpretan los valores del índice de rebote obtenidos en el esclerómetro, corregidos con la medida de la profundidad de carbonatación para obtener los valores de resistencia del concreto. Los resultados obtenidos en los ensayos en campo tras realizar cada una de las lecturas realizadas se observa en la Tabla 3.

Tabla 0

Resumen de los resultados del Esclerómetro

N° Ensayo	Indice de rebote	f'c (Mpa)	f'c (Mpa) Promedio
1	24	11	12
2	27	14	
3	24	11	
4	23	11	
5	25	12	

Fuente: BRV S.A.S.

Del ensayo esclerométrico se concluye que la resistencia a la compresión está por debajo de los 21 MPa mínimos aceptados en la norma NSR-10. No se tiene seguridad de que los 12 MPa que dan como promedio en el ensayo realizado se generalicen para toda la estructura, ya que en las visitas de campo realizadas anteriormente, se evidencio que la edificación tiene un sistema constructivo antiguo no convencional en el cual se encontraron concretos sin la evidencia de agregados gruesos, mezclados con residuos de mampostería.

Tabla 4.
Corrección por carbonatación

R _m	Compressive strength (Mpa)												
	Carbonation depth (mm)												
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	≥6.0
20	10.3	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.2	10.5	10.3	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.4	10.7	10.5	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.6	11	10.8	10.4	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.8	11.2	11	10.6	10.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	11.4	11.2	10.8	10.5	10	—	—	—	—	—	—	—	—
21.2	11.6	11.4	11	10.7	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—
21.4	11.8	11.6	11.2	10.9	10.4	10	—	—	—	—	—	—	—
21.6	12	11.8	11.4	11	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—	—
21.8	12.3	12.1	11.7	11.3	10.8	10.5	10.1	—	—	—	—	—	—
22	12.5	12.2	11.9	11.5	11	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—
22.2	12.7	12.4	12.1	11.7	11.2	10.8	10.4	10	—	—	—	—	—
22.4	13	12.7	12.4	12	11.4	11	10.7	10.3	10	—	—	—	—
22.6	13.2	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	10.8	10.4	10.2	—	—	—	—
22.8	13.4	13.1	12.7	12.3	11.8	11.4	11	10.6	10.3	—	—	—	—
23	13.7	13.4	13	12.6	12.1	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	—	—	—
23.2	13.9	13.6	13.2	12.8	12.2	11.8	11.4	11	10.7	10.3	10	—	—
23.4	14.1	13.8	13.4	13	12.4	12	11.6	11.2	10.9	10.4	10.2	—	—
23.6	14.4	14.1	13.7	13.2	12.7	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7	10.4	10.1	—
23.8	14.6	14.3	13.9	13.4	12.8	12.4	12	11.5	11.2	10.8	10.5	10.2	—
24	14.9	14.6	14.2	13.7	13.1	12.7	12.2	11.8	11.5	11	10.7	10.4	10.1
24.2	15.1	14.8	14.3	13.9	13.3	12.8	12.4	11.9	11.6	11.2	10.9	10.6	10.3
24.4	15.4	15.1	14.6	14.2	13.6	13.1	12.6	12.2	11.9	11.4	11.1	10.8	10.4
24.6	15.6	15.3	14.8	14.4	13.7	13.3	12.8	12.3	12	11.5	11.2	10.9	10.6
24.8	15.9	15.6	15.1	14.6	14	13.5	13	12.6	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7
25	16.2	15.9	15.4	14.9	14.3	13.8	13.3	12.8	12.5	12	11.7	11.3	10.9
25.2	16.4	16.1	15.6	15.1	14.4	13.9	13.4	13	12.6	12.1	11.8	11.5	11
25.4	16.7	16.4	15.9	15.4	14.7	14.2	13.7	13.2	12.9	12.4	12	11.7	11.2
25.6	16.9	16.6	16.1	15.7	14.9	14.4	13.9	13.4	13	12.5	12.2	11.8	11.3

Fuente: Manual del esclerómetro HT-225

Prueba de Ultrasonido. Se realizaron los ensayos de Ultrasonido en el concreto con el fin de tener una medida de la resistencia del concreto mediante un ensayo No Destructivo, con un total de dos (2) ensayos en dos diferentes columnas se realizaron estas medidas en el segundo y tercer piso. Los resultados obtenidos en los ensayos en campo tras realizar cada una de las lecturas realizadas se observa en la

Tabla .

Tabla 5.
Resumen de los resultados de Ultrasonido

No. Ensayo	Distancia entre transductores (cm)	Tiempo (microseg)	Velocidad (km/seg)	Velocidad (m/seg)	Calidad
1	30	102	3	2,941	Pobre
2	30	93	3	3,226	Regular

Fuente: BRV S.A.S.



Fotografía 7. Realización prueba de ultrasonido
Fuente: BRV S.A.S

Tabla 6.
Valores velocidad de onda en prueba de ultrasonido

Velocidad de la onda longitudinal m/seg	Condición del hormigón
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

Fuente: Leslie y Cheesman.

Clinómetro. Como se explicó anteriormente, se realizaron cinco medidas en diferentes muros de la edificación, con el fin de medir la inclinación vertical que tiene cada uno de ellos. De este ensayo se concluye que el ángulo de inclinación de los muros está entre un 0 – 5%, de esta manera se definen como aplomados los muros de la edificación Caí El Guavio.

Análisis de Carbonatación del Concreto. La carbonatación se realizó por el método de los cuatro puntos promediados sobre una de la regata ejecutada sobre columnas, midiendo el frente de carbonatación con la cara de la columna.

Tabla 7.
Análisis de Carbonatación del Concreto

Punto	Medida Frente de carbonatación (mm)
1	5
2	4
3	5
4	5
Promedio	4.75

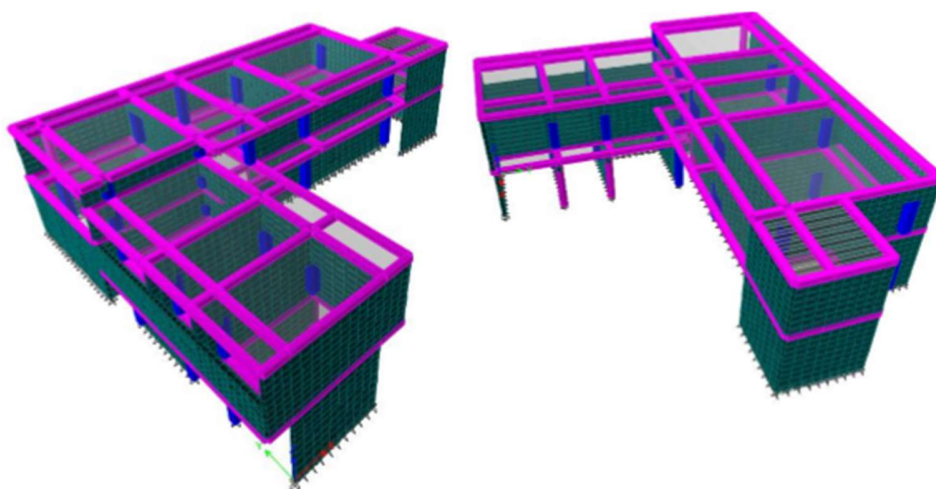
Fuente: BRV S.A.S.

Estudio de vulnerabilidad sísmica. Con el fin de estudiar las deformaciones verticales, la distribución de fuerzas a los diferentes elementos estructurales y evaluar con esto el nivel de funcionalidad y seguridad de la estructura, a la luz de la normativa aplicable, se desarrolla un modelo computacional tridimensional. Este modelo se utiliza tanto para el análisis del comportamiento ante cargas gravitacionales como para el análisis del comportamiento por asentamientos. Las consideraciones y suposiciones básicas del modelo son las siguientes:

- Empotramiento en la base.
- Comportamiento elástico lineal de todos los elementos.
- Considera efectos P-delta globales.
- Vigas se modelan con elementos tipo “Frame”.
- Columnas se modelan con elementos tipo “Frame”.
- Muros se modelan con elementos tipo “Shell”
- Elementos tipo “Frame” modelados en el eje de los elementos.
- Todas las conexiones con continuidad en rotaciones.
- No se considera diafragma rígido en cada nivel.
- Cargas sobrepuestas aplicadas como cargas distribuidas en la placa y cubierta.
- Inercias fisuradas en todos los elementos.

Aplican los requerimientos establecidos por las NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMORESISTENTES (NSR10). Ley 400 de 1997, Ley 1229 de 2008, Decreto 019 de 2012 y los decretos: 926 del 19 de marzo 2010, 2525 del 13 de julio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011 y 340 del 13 de febrero de 2012.

Geometría. A continuación, se presenta la geometría utilizada en el modelo computacional desarrollado por medio del programa ETABS 2013. Figura 4-1 Modelo computacional – Vistas Isométricas.



Gráfica 7. Modelo computacional – Vistas Isométricas
Fuente: BRV S.A.S.

Verificación de flexibilidad. las derivas de la edificación cumplen a cabalidad con lo establecido en la NSR-10, con índice de flexibilidad de 0.25. Sin embargo, este fenómeno ocurre por la participación de los muros de mampostería no estructurales tanto en cargas gravitacionales como en cargas horizontales. En términos de rigidez, la estructura cumple, pero está transmitiendo carga a elementos cuyas características de resistencia no están diseñadas para soportarlas.

Sobreesfuerzo en elementos estructurales: vigas. La mayoría de vigas de toda la estructura se encuentran con un nivel de esfuerzo mayor al admisible. A continuación, se pueden ver las estadísticas resumidas.

Tabla 8.
Resumen estadístico ISE Vigas

Vigas	Cortante		Momento	
	# Vigas ISE>1	Porcentaje	# Vigas ISE>1	Porcentaje
Cub N+7.25	15	48%	12	39%
Cub N+6.45	14	64%	11	50%
P3 N+5.00	16	52%	9	29%
P2 N+3.60	15	68%	8	36%

Fuente: BRV S.A.S.

Sobreesfuerzo en elementos estructurales: columnas. la mayoría de columnas de toda la estructura se encuentran con un nivel de esfuerzo mayor al admisible. A continuación, se pueden ver las estadísticas resumidas.

Tabla 9.
Resumen estadístico ISE Columnas

Columna	Cortante		Momento	
	# Col ISE>1	Porcentaje	# Col ISE>1	Porcentaje
Cub N+7.25	7	70%	8	80%
Cub N+6.45	3	50%	5	83%
P3 N+5.00	3	30%	6	60%
P2 N+3.60	4	67%	5	83%

Fuente: BRV S.A.S.

Sobreesfuerzo en elementos estructurales: sistema de piso. el sistema de piso no tiene la configuración estructural necesaria para resistir las cargas impuestas. Los índices de sobreesfuerzo son del orden de 2.5, sin tener en cuenta las deficiencias en conexiones con las vigas perimetrales ni los efectos fitosanitarios que deterioran aún más las propiedades mecánicas de la madera.

Tabla 10
Verificación de ISE en sistema de piso

Esfuerzos combinados Caso Tensión			
Caso	Unidad	Capacidad	Demanda
Flexión	[MPa]	10.4	26.0
Fuerza Axial	[MPa]	6.5	0.0

Caso 1		G.5.1-1	2.51
Caso 2		G.5.1-2	2.51
Esfuerzos combinados Caso Compresión			
Caso	Unidad	Capacidad	Demanda
Flexión	[MPa]	10.4	26.0
Fuerza Axial	[MPa]	0.2	0.0
Caso 1		G.5.2-1	2.51

Fuente: BRV S.A.S.

Sobreesfuerzo en elementos no estructurales: mampostería. Los muros no estructurales en mampostería presentan índices de sobreesfuerzo a tensión mayores a la unidad en algunos sectores de la edificación. Únicamente una pequeña porción de los mismos presenta fallas a compresión. A continuación, se muestran los datos estadísticos de ISE para los muros.

Tabla 11.
Análisis estadístico de falla de muros no estructurales

Muros	Compresión		Tensión		Cortante	
	# Muros ISE>1	Porcentaje	# Muros ISE>1	Porcentaje	# Muros ISE>1	Porcentaje
Cub N+7.25	2	1%	16	8%	0	0%
Cub N+6.45	0	0%	10	2%	0	0%
P3 N+5.00	0	0%	9	2%	0	0%
P2 N+3.60	0	0%	10	3%	0	0%
P1 N+2.10	0	0%	14	28%	0	0%

Fuente: BRV S.A.S.

Índice de sobre esfuerzo general de la estructura. El ISE general de la estructura se obtiene a partir de la cantidad de elementos estructurales que fallan con respecto al número total de elementos existentes. De esta forma, se le asigna un peso a cada uno de los componentes estructurales según el mecanismo de falla esperado. De esta forma, al tener pórticos resistentes a momento, las columnas deben tener suficiente resistencia para no incurrir en el colapso de un

piso, mientras que las vigas se espera que tengan un daño mayor. Por lo tanto, el ISE general de las columnas tiene un peso del 80% con respecto al ISE general de las vigas.

$$ISE_{estructura} = 0.8 \cdot ISE_{columnas} + 0.2 \cdot ISE_{vigas} = 2.17$$

$$FS = \frac{1}{ISE} = 0.46$$

El ISE de la estructura es de 2.17, siendo un valor supremamente crítico en términos de resistencia. Las columnas de todos los pisos están, en su mayoría, comprometidas. Las vigas de cubierta se encuentran en estado crítico y el sistema de piso no aporta un diafragma rígido. Estos resultados indican un mecanismo de colapso poco deseado, donde las columnas sufren plastificación al tiempo que las vigas. Este análisis contempla todas las combinaciones de carga de la NSR-10, por lo tanto, se tienen en cuentas las cargas muertas, vivas y sísmicas al mismo tiempo

Conclusiones del estudio de vulnerabilidad. El ISE general de la estructura se obtiene a partir de la cantidad de elementos estructurales que fallan con respecto al número total de elementos existentes. De esta forma, se le asigna un peso a cada uno de los componentes

El sistema de cubierta de la edificación está conformado por una losa superior con un espesor variable de 4 a 8 cm en concreto con refuerzo liso. Esta losa se encuentra soportada sobre listones de madera con una sección transversal de 5x17cm y con una separación que varía entre 0.50 y 0.60m. Los listones de madera se apoyan sobre ganchos de refuerzo liso que están soportados sobre vigas de concreto con dimensiones de 20x20cm. Adicionalmente, el sistema cubierta cuenta con una losa inferior que sirve como cielorraso con un espesor aproximado de 4cm.

El sistema de entrepiso de la edificación está conformado por una losa superior compuesta por un laminado en madera. Esta losa se encuentra soportada sobre listones de madera con una sección transversal de 5x17cm y con una separación que varía entre 0.50 y 0.60m. Los listones de madera se apoyan sobre ganchos de refuerzo liso que están soportados

sobre vigas de concreto con dimensiones de 20x20cm. Adicionalmente, el sistema de entrepiso cuenta con una losa inferior que sirve como cielorraso con un espesor aproximado de 4cm.

Los muros no estructurales (divisorios y de fachada) no presentan juntas de separación entre las columnas y vigas de la edificación. Adicionalmente, no presentan continuidad en toda la altura. Estos muros tienen un espesor de 15cm y están conformados por unidades de mampostería de ladrillo macizo.

Las columnas de concreto presentan cambios de secciones en altura, cambiando de sección circular a sección rectangular. Adicionalmente, las columnas auscultadas tienen agregados de poca adherencia con tamaños del orden de una pulgada. En algunos casos presentan acero de refuerzo liso únicamente en la mitad de su sección transversal y carecen de confinamiento con estribos.

Las vigas de concreto reforzado que forman parte del sistema de piso, solamente están conectando las columnas de forma perimetral y tienen barras lisas de 5/8" y 2/8" como acero de refuerzo longitudinal y transversal respectivamente.

Las zapatas tienen una dimensión de 1.40x1.40m y un espesor de 0.35m con base al apique realizado. No fue posible determinar el acero de refuerzo de la cimentación.

La edificación se encuentra desocupada, lo cual ha incrementado el deterioro de los elementos estructurales y no estructurales, como consecuencia de factores ambientales y falta de mantenimiento.

El sistema de cubierta presenta colapsos parciales y un alto deterioro en las viguetas de soporte, debido a las sobrecargas gravitacionales que han generado deflexiones excesivas acompañadas de fisuras de la losa superior y pérdida del manto impermeabilizante de la cubierta. Estas fisuras han ocasionado condiciones fitosanitarias desfavorables, con presencia de hongos e insectos xilófagos y humedades, las cuales han modificado de forma crítica las propiedades

mecánicas de los elementos; especialmente las viguetas de soporte conformadas por los listones de madera.

Los muros divisorios internos en mampostería en los diferentes niveles de la edificación presentan humedades y agentes biológicos en el pañete, como consecuencia de las filtraciones de agua debido a los colapsos parciales del sistema de cubierta.

El sistema de piso para los niveles N+5.00m y N+3.60m, presenta condiciones fitosanitarias desfavorables con presencia de hongos xilófagos. En algunos puntos la madera laminada superior presenta descomposición física, química y mecánica.

El acero de refuerzo de algunas vigas de concreto se encuentra expuesto y vulnerable a la corrosión y pérdida de propiedades mecánicas.

La conexión de soporte de los listones de madera a las vigas de concreto es una conexión simple y puede generar un comportamiento deficiente en caso de un movimiento sísmico. Con base en esto, la edificación no cuenta con un diafragma rígido para el sistema de entrepiso y cubierta.

El sistema de resistencia ante fuerzas gravitacionales y fuerzas horizontales corresponde a un pórtico en concreto reforzado con capacidad de disipación mínima de energía con muros no estructurales en mampostería simple adosados a la estructura.

El estado de la construcción, diseño y materiales se califica como “Malo” debido a las deficiencias encontradas. Esta consideración lleva a una reducción de la capacidad de los elementos estructurales (vigas y columnas) en un 64%.

Los índices de flexibilidad de la edificación son de 0.25 y 0.20 para el sismo de diseño y umbral de daño respectivamente. Estos valores son inferiores a la unidad y cumplen con lo establecido en la NSR-10. Estos índices cumplen dado al aporte de la rigidez de los muros no estructurales adosados a los pórticos de concreto.

Los índices de sobreesfuerzo en los elementos estructurales correspondientes a columnas presentan valores mayores a 2.0. Estos valores obedecen a las altas demandas y la baja capacidad como consecuencia del mal estado, la conformación del acero de refuerzo y las propiedades mecánicas de los materiales dada la fecha de construcción. Adicionalmente, el 80% de las columnas presentan índices mayores a la unidad ante los combos de diseño.

Los índices de sobreesfuerzo en vigas presentan valores mayores a 2.0. Estos valores obedecen a las altas demandas y la baja capacidad como consecuencia del mal estado, la conformación del acero de refuerzo y las propiedades mecánicas de los materiales dada la fecha de construcción. Adicionalmente, el 50% de las vigas presentan índices mayores a la unidad ante los combos de diseño.

Los índices de sobreesfuerzo en los muros no estructurales de mampostería simple presentan valores máximos en el orden de 1.50. Donde el 25% de estos presentan índices mayores a la unidad. Estos muros aportan rigidez, sin embargo, entran a funcionar estructuralmente una vez los elementos estructurales principales presentan fallas significativas.

El índice general del sistema estructural de la edificación corresponde a un valor de 2.2, el cual equivale a un factor de seguridad de 0.46. Este índice general permite calificar a la edificación con un alto grado de vulnerabilidad ante un evento sísmico. El cual puede generar un colapso total o parcial.

Las consideraciones correspondientes a la geometría, distribución y dimensión de los elementos estructurales para el desarrollo de los modelos computacionales se realizaron con base a los planos realizados en el levantamiento geométrico. Las propiedades mecánicas de los materiales para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica se obtuvieron con base a los resultados de los ensayos de campo y laboratorio realizados.

Las tipologías de los refuerzos en columnas se asignaron con base a las inspecciones realizadas en campo, sin embargo, debido a la fragilidad de la estructura, no se pudieron realizar regatas a mucha profundidad pues se comprometía la integridad de los elementos estructurales.

Estudio de suelos. Tuvo como principal objetivo realizar la caracterización del suelo y la cimentación del edificio en el sitio del proyecto, y dar las recomendaciones de cimentación para la estructura.

Como objetivos particulares se incluyen los siguientes:

- Visita al sitio por parte de un Ingeniero Geotecnista.
- Realización de dos apiques de auscultación de la cimentación con una profundidad de 1.50 metros para la debida caracterización mecánica de las propiedades del suelo y tres sondeos manuales con una profundidad máxima alcanzada de 6.00 metros.
- Ejecución de ensayos de laboratorio para la determinación de propiedades del subsuelo tales como: humedad natural, granulometría, límites de Atterberg, etc.
- Determinación de la estratigrafía, las propiedades geomecánicas del subsuelo y el comportamiento del nivel freático.
- Elaboración de un informe escrito, el cual cubrirá los aspectos evaluados y en el cual se darán las recomendaciones de cimentación para el refuerzo proyectado.

Sistema de Cimentación actual. El sistema de cimentación actual del Caí El Guavio asunto del presente estudio cuenta con un sistema de cimentación superficial tipo zapatas cuadradas en concreto simple, con una dimensión aproximada de 1.40 x 1.40 metros, cimentadas aproximadamente a 70 cm, con un espesor de 35 cm. Esto se pudo evidenciar con los apiques de auscultación realizados cerca de las columnas de la primera planta para la exploración del subsuelo.

Por otra parte, la cimentación actual fue construida hace más de cincuenta años, pero no se evidencian fisuramientos, hormiguo, vacíos ni agrietamientos en las zapatas, en la estructura no se evidencian patologías generadas por asentamientos. Se concluye que la cimentación está en buen estado para su edad y su dimensionamiento es adecuado, sin embargo, no tiene acero de refuerzo que permita resistir un sismo, adicional a esto se debe reevaluar la dimensión de las zapatas si las cargas cambian con el refuerzo de la estructura.

Geología regional. La altiplanicie de la Sabana de Bogotá, situada en la parte central de la Cordillera Oriental, es un amplio sinclinorio con orientación SSW-NNE, en rocas sedimentarias del Cretáceo Medio hasta el Cuaternario (Hubach, E., 1957). Las rocas del Grupo Villeta y las Formaciones Guadalupe, Guaduas, Cacho y Bogotá, se encuentran hoy fuertemente plegadas, falladas y diaclasadas (Cretáceo Medio a Terciario Inferior).

De acuerdo al servicio geológico colombiano (SGC), el proyecto dentro de Bogotá D.C. se encuentra en el límite de la unidad geológica de la Formación Deposito Lacustre (Q1-l) conformado por arcillas, turbas, y arcillas arenosas con niveles delgados de gravas. Localmente, capas de depósitos de diatomeas de edad pleistocena. Muy cerca se encuentra la unidad geológica de la Formación Guaduas (k6E1-Stm) conformada por arcillolitas rojizas con intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino. Mantos de carbón a la base, de edad Maastrichtiano-Paleoceno.

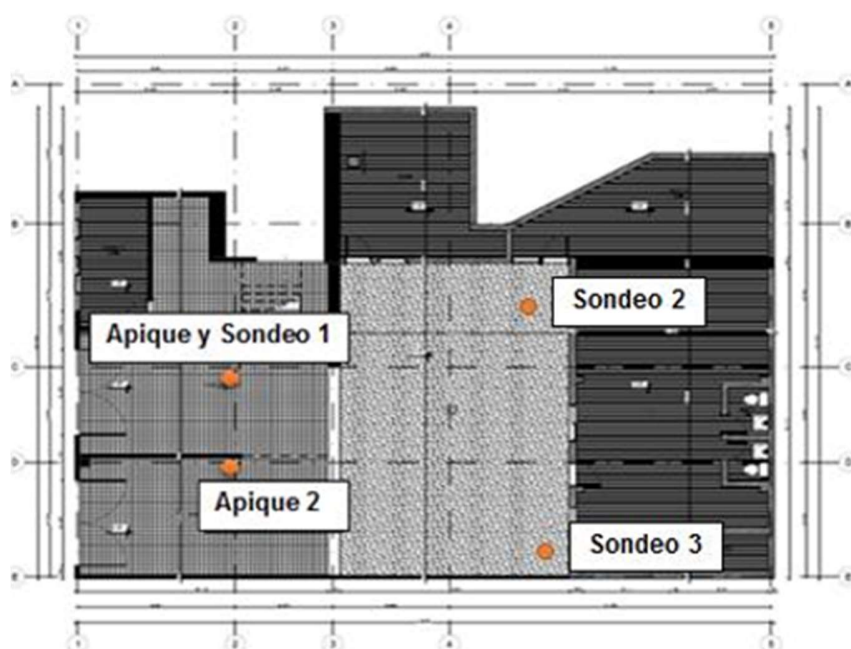
De igual manera se encuentra cerca a la Falla de Teusacá, que es de tipo inversa o de cabalgamiento. En la Figura 4-1 se observa la localización del proyecto en el mapa geológico 2015 del servicio geológico colombiano.

Geología local. La geología local se obtiene de la microzonificación geotécnica de Bogotá, realizada en el decreto 523 de 2010, donde se realizó un estudio de mayor detalle de la composición de los suelos de Bogotá, el lote donde se localiza el proyecto se encuentra ubicado sobre la zona nombrada como (Depósito Ladera), conformado por una matriz de limo que encierra gravas, cantos y bloques de roca en su interior. Los depósitos de ladera son conocidos también como depósitos gravitacionales.

Geografía. La geografía de la zona donde se ubica el proyecto es un terreno inclinado perteneciente a los cerros Orientales de Bogotá, entre las faldas de los cerros de Guadalupe y La Peña, lo que hace que sus calles estén en forma de laberinto.

Exploración del subsuelo. En cumplimiento de la norma sismo resistente NSR-10, siguiendo el Título H, de acuerdo a la Tabla H.3.1-1, la presente edificación se clasifica como categoría BAJA, puesto que no supera los 3 niveles de construcción. De igual manera, y siguiendo los requisitos del Título H, la Tabla H.3.2-1, el número mínimo de sondeos que se deben efectuar para la categoría BAJA son 3, con una profundidad mínima de 6.0 m.

Cumpliendo lo expuesto, la fase de exploración del subsuelo consistió en la ejecución de tres (3) perforaciones a través de medio manual, con ejecución de ensayos in situ de Penetración Estándar (SPT) y toma de muestras de suelo semialteradas; y dos (2) apiques de 1.50m de profundidad. La Figura 6-1 muestra la localización de la exploración.



Gráfica 8. Localización de la exploración – Planta primer piso
Fuente: BRV S.A.S. – Planta Primer Piso

Nivel Freático. No se encontró nivel freático en la realización de la exploración. No obstante, es preciso aclarar que las exploraciones fueron realizadas en un periodo de tiempo con un clima predominantemente seco, por lo cual se espera que la localización del nivel freático varíe significativamente en otros periodos del año. Se asume a 1.0m de profundidad para los cálculos.

Equipo de Perforación. Con el objeto de determinar la consistencia de los depósitos se ejecutaron ensayos de penetración estándar (SPT) con barrenos manuales. Los ensayos se ejecutaron utilizando la norma ASTM D 1586, equivalente a la norma I.N.V.E. 111.

- ☐ Peso del martillo: 140 libras
- ☐ Altura de caída: 76 centímetros
- ☐ Penetración: 3 intervalos de 15 centímetros cada uno (6")
- ☐ N de diseño: Sumatoria de los golpes de los últimos 30 centímetros (12")
- ☐ Diámetro exterior del tubo: 50.8 mm
- ☐ Diámetro interior del muestreador en la punta: 34.93 mm
- ☐ Longitud del tubo: 75 centímetros
- ☐ Rechazo: Más de 50 golpes para 15 centímetros (6").

En la Tabla 12 se resumen los resultados obtenidos en los ensayos de SPT realizados en una de las perforaciones ejecutadas para el proyecto.

Tabla 12
Datos del SPT

SONDEO	PERFORACIÓN		MUESTRA Nº	TIPO DE MUESTRA	SPT			
	DE	A			G1	G2	G3	N
1	0.00	0.50	M1	SPT	3	4	4	8
	0.50	1.00	M2	SPT	5	5	5	10
	1.00	1.50	M3	SPT	5	6	7	13
	1.50	2.00	M4	SPT	6	8	9	17
	2.00	2.10	M5	SPT	10	R/10		

2	0.00	0.50	M1	SPT	2	2	2	4
	0.50	1.00	M2	SPT	2	3	2	5
	1.00	1.50	M3	SPT	4	5	5	10
	1.50	2.00	M4	SPT	3	6	6	12
	2.00	2.50	M5	SPT	7	8	10	18
	2.50	2.70	M6	SPT	11	R/10		
3	0.00	0.50	M1	SPT	2	2	3	5
	0.50	1.00	M2	SPT	3	3	3	6
	1.00	1.50	M3	SPT	3	4	3	7
	1.50	2.00	M4	SPT	4	4	5	9
	2.00	2.50	M5	SPT	5	6	6	12
	2.50	3.00	M6	SPT	6	6	7	13
	3.00	3.50	M7	SPT	6	8	8	16
	3.50	4.00	M8	SPT	5	8	9	17
	4.00	4.50	M9	SPT	6	6	7	13
	4.50	5.00	M10	SPT	7	8	7	15
	5.00	5.50	M11	SPT	8	8	10	18
	5.50	6.00	M12	SPT	10	9	11	20

Fuente: BRV S.A.S.

Nota: 1. $*(10/R)$ Que no se observe avance del muestreador mediante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo.

Ensayos de laboratorio. En la perforación fueron recuperadas muestras semi inalteradas por medio del muestreador de media caña, las cuales fueron rotuladas y preservadas en bolsas plásticas, papel aluminio y parafina para evitar la pérdida de humedad.

Las muestras fueron clasificadas visualmente por un Ingeniero Geotecnista de BRV Ingeniería y Planeación SAS, quien programó los siguientes ensayos de laboratorio.

Tabla 13.

Ensayos de laboratorio realizados

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) en suelo, roca y mezcla de suelo-agregado	ASTM D 2216 I.N.V.E. 122	9
Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	ASTM D 4318 – AASHTO T 89-90 INV E-126	5
Clasificación de suelos	ASTM D 2487	5
Lavado sobre Tamiz 200	NTC 78-95	7

Fuente: BRV S.A.S.

Resumen de ensayos de laboratorio. En el laboratorio se efectuaron ensayos para determinar la humedad natural y límites de Atterberg, con lo que es posible realizar una clasificación de los materiales y estimar el comportamiento de los suelos en la zona del proyecto.

En la Tabla 14 se exponen los resultados de los ensayos de laboratorio ejecutados a las muestras obtenidas en las investigaciones geotécnicas.

Tabla 14.

Resumen de ensayos de laboratorio

Sondeo	Prof. Inicial [m]	Prof. Final [m]	Prof. Promedio [m]	Humedad Natural [%]	LL	LP	IP	Pasa Tamiz #200 [%]	Clasificación U.S.C.S.
PT-01	0,50	1,00	0,75	55,9	47,1	40,0	7,1	47,4	SM
PT-01	1,50	2,00	1,75	65,2	44,4	40,2	4,2	50,3	ML
PT-02	0,50	1,00	0,75	22,6					
PT-02	2,50	3,00	2,75	32,6					
PT-02	2,00	2,50	2,25	34,6	36,8	28,8	8,0	62,1	ML
PT-03	2,50	3,00	2,75	33,5	36,2	25,3	10,9	71,6	ML
PT-03	4,00	4,50	4,25	24,1	26,2	22,1	4,1	66,6	ML
AP-01	0,50	1,00	0,75	28,5				42,5	
AP-02	1,00	1,50	1,25	30,3				33,2	

Fuente: BRV S.A.S.

Estratigrafías. De acuerdo con las perforaciones y ensayos de laboratorio realizados por BRV Ingeniería y Planeación S.A.S, el perfil estratigráfico del proyecto está conformado por dos (2) estratos generales que serán descritos a continuación:

La edificación cuenta con una losa de contrapiso en concreto, reforzada con una malla electro soldada con un espesor de aproximadamente 7 cm (espesor medido en el lugar de investigación puede variar en el resto de losa de la edificación).

En la superficie del terreno debajo de la losa, fue detectada una capa de relleno compactado (Estrato 1), conformada por material de relleno compuesto por arena de color negro con presencia de gravas medianas a grandes, y pedazos de ladrillos, llegando a una profundidad de 0.50 m.

Posteriormente fue detectada una capa limosa (Estrato 2) compuesta por Limo arenoso de color habano con pintas grises y presencia de gravas, esta capa se detectó hasta la profundidad máxima explorada de 6.00 m.

A continuación, se resumen en la Tabla 15 Perfil promedio del suelo, las propiedades geomecánicas del suelo descrito anteriormente.

Tabla 15.
Perfil promedio del suelo

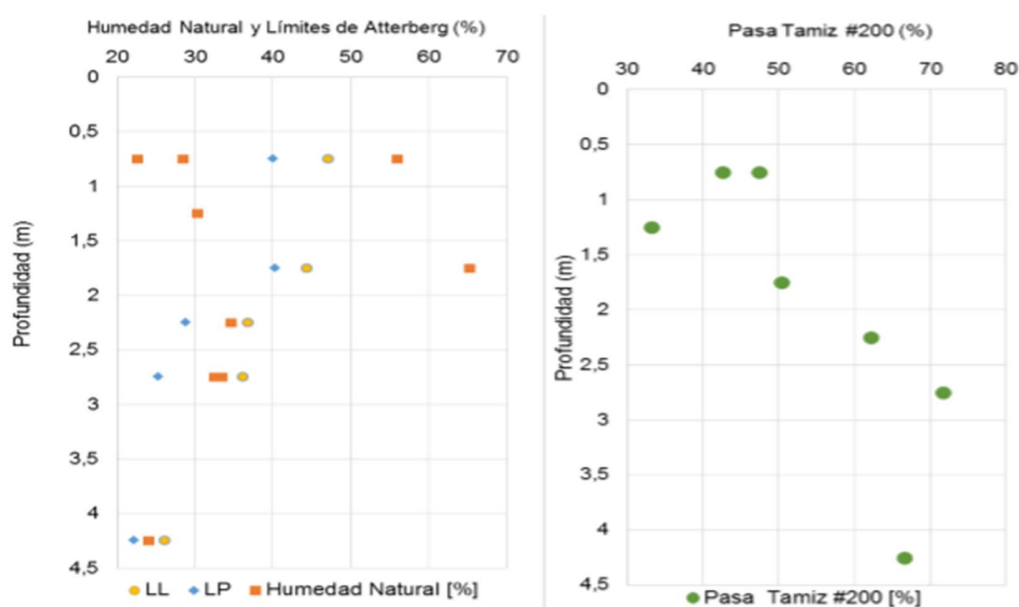
Perfil promedio del suelo			
Estrato	Profundidad (m)	Descripción	Características Geotécnicas
Losa en concreto con espesor aprox. = 0.07 m			
1	0,00 a 0,50	Material de relleno compuesto por arena de color negro con presencia de gravas medianas a gruesas, y pedazos de ladrillo.	$\gamma=1,7 \text{ Ton/m}^3$ Densidad suelta
2	0,50 a 6,00	Limo arenoso de color habano con pintas grises y presencia de gravas.	Finos=53.4% $\gamma=1,8 \text{ Ton/m}^3$ LL= 38.1% LP= 31.3% W=36.4% Consistencia media

Fuente: BRV S.A.S.

En general, los suelos ensayados presentan humedad media y la plasticidad es constantemente baja con la profundidad.

Tabla 16.

Humedad natural, límites de Atterberg y % de Finos Vs Profundidad



Fuente: BRV S.A.S.

Cálculo de los parámetros de diseño. El ensayo de penetración estándar (SPT) correlaciona muy bien parámetros de diseño geotécnico para suelos granulares, donde es difícil obtener muestras inalteradas, el ensayo de penetración estándar (SPT) es el ensayo más utilizado en el mundo para la caracterización geotécnica de perfiles de suelo en el sitio y es el ensayo que más se ha empleado para el diseño de cimentaciones, es por esto que el SPT es la manera más apropiada para obtener los parámetros de diseño.

Para caracterizar estos depósitos se utiliza la experiencia, así como la literatura y se complementa con los resultados de laboratorio obtenidos

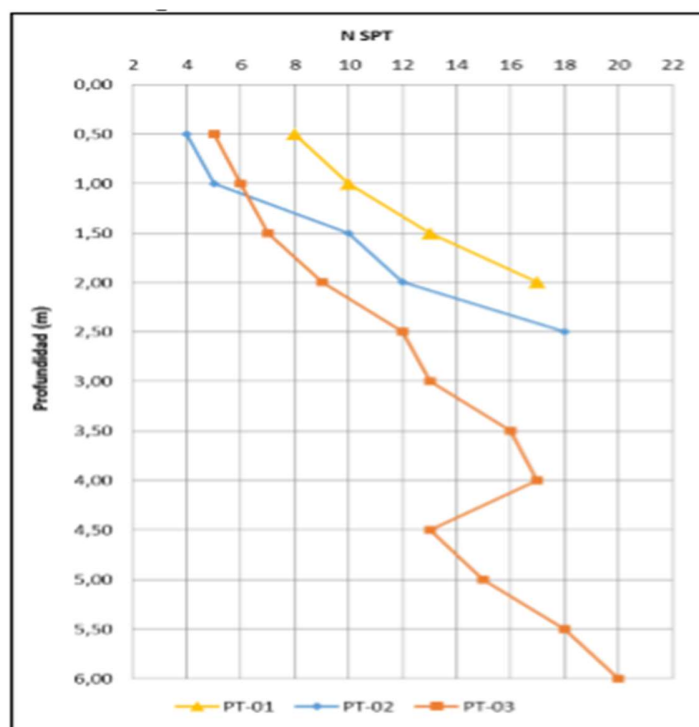
Elección de N (SPT). Basados en los 3 ensayos de penetración estándar (SPT), ejecutados siguiendo el procedimiento de la norma especificada en el numeral 6.1.2. Se elaboró 1 perfil de diseño, estos datos son usados para el cálculo de los parámetros de diseño geotécnico.

Los datos obtenidos en el ensayo SPT se corrigieron de acuerdo a los siguientes criterios:

- ☐ Factor de corrección por confinamiento efectivo
- ☐ Eficiencia del martillo (se utiliza un martillo tipo Donut).
- ☐ Diámetro de la perforación.
- ☐ Características del muestreador.
- ☐ Longitud del tubo de perforación.

Usando ecuaciones empíricas se realizaron las correcciones respectivas al SPT para calcular los parámetros de diseño, la corrección de energía es del 60%.

Tabla 17.
SPT Vs Profundidad



Fuente: BRV S.A.S.

Módulo de elasticidad de los suelos. Se utilizó para correlacionar el ensayo de penetración, y obtener el valor del módulo de Young o elasticidad (E), esto con los valores de N spt para los suelos planteados en este estudio.

Existen gran cantidad de expresiones para esta correlación de las cuales se evaluó la expresión de Ferrent (1963) para limos y arenas limosas.

$$E \approx 718 (1 - v^2)N \text{ Ferrent (1963)}$$

Angulo de fricción interna. Dadas las dificultades para medir el ángulo de fricción del perfil de suelo obtenido en un laboratorio, porque no se recuperaron muestras inalteradas debido al tipo de muestreo, obtenido en las exploraciones de campo, el valor de ϕ prima se puede correlacionar de los ensayos de penetración ejecutados.

Al igual que el módulo de elasticidad se han desarrollado gran variedad de correlaciones entre el ángulo de fricción equivalente y el SPT para suelos granulares. Siguiendo el criterio sugerido por el profesor González para Colombia se usó la ecuación Kishida 1967 y también se evaluó la correlación de Hatanaka y Uchida (1996).

$$\phi_f = \sqrt{15.4(N_1)_{60}} + 20 \text{ Hatanaka y Uchida 1996}$$

$$\phi_f = \sqrt{12.5(N_1)_{60}} + 15 \text{ Kishida 1967}$$

Para la cohesión se tomará un valor $C=0$. En la tabla 18 se resumen los parámetros obtenidos con las ecuaciones usadas para correlacionar los parámetros de cada estrato, en función del N promedio para cada material.

Tabla 18.
Resumen de parámetros obtenidos

		N	E (MPa)	f (°)
	Relleno	8	5	26
	Limo Arenoso	13	8	29

Fuente: BRV S.A.S.

Conclusiones del diagnóstico. (Dictamen)

Problemas de Mantenimiento. De acuerdo a los estudios realizados se puede establecer que las diferentes lesiones físicas mecánicas y químicas que presenta el paciente se originaron con la falta de mantenimiento del manto asfáltico de la cubierta y por el desgaste de este material generando filtraciones con el tiempo en diferentes partes de la cubierta las cuales llegaron a diferentes elementos no estructurales (muros divisorios, entrepisos en madera) afectándolos durante un tiempo de aproximadamente cinco años, este fenómeno termino disminuyendo la estabilidad y resistencia de la madera y sus capacidades mecánicas hasta su falla, tal como se identifica en los daños de los pisos de madera, los cielos, los muros y la estructura en madera de la cubierta, la cual presenta colapsos parciales; de igual manera se encuentra una importante presencia de hongos, insectos xilófagos debido a las mismas humedades.

Problemas de vulnerabilidad. De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad sísmica, el sistema estructural de la edificación no cumple con las solicitudes de la norma de sismo resistencia, es un sistema combinado con pórticos en concreto no reforzado con muros de mampostería simple. Las columnas no cuentan con acero de refuerzo longitudinal, lo cual no garantiza ductilidad en el elemento ante fuerzas horizontales. La edificación data de 1950, época en la cual no se tenía en cuenta el cálculo de esfuerzos horizontales.

El sistema de piso está conformado por viguetas y losa en madera. Los pórticos están conectados de forma perimetral con vigas en concreto reforzado. Las vigas tienen acero de refuerzo liso, tanto longitudinal como transversal. Los muros de mampostería son en ladrillo tolete macizo.

Los muros no estructurales (divisorios y de fachada) no presentan juntas de separación entre las columnas y vigas de la edificación. Adicionalmente, no presentan continuidad en toda la altura. Estos muros tienen un espesor de 15 cm y están conformados por unidades de mampostería de ladrillo macizo.

El sistema de cimentación actual cuenta con un sistema de cimentación superficial tipo zapatas cuadradas en concreto simple, con una dimensión aproximada de 1.40 x 1.40 metros, cimentadas aproximadamente a 70 cm, con un espesor de 35 cm. No se evidencian fisuramientos, hormiguo, vacíos ni grietas en las zapatas, en la estructura no se evidencian lesiones por asentamientos. Se concluye que la cimentación está en buen estado para su edad y su dimensionamiento es adecuado, sin embargo, no tiene acero de refuerzo que permita resistir un sismo, adicional a esto se debe reevaluar la dimensión de las zapatas si las cargas cambian con el refuerzo de la estructura

Problemas constructivos. Las columnas de concreto presentan cambios de secciones en altura, cambiando de sección circular a sección rectangular. Adicionalmente, las columnas auscultadas tienen agregados de poca adherencia con tamaños del orden de una pulgada. En algunos casos presentan acero de refuerzo liso únicamente en la mitad de su sección transversal y carecen de confinamiento con estribos.

Las vigas de concreto reforzado que forman parte del sistema de piso, solamente están conectando las columnas de forma perimetral y tienen barras lisas de 5/8" y 2/8" como acero de refuerzo longitudinal y transversal respectivamente.

La conexión de soporte de los listones de madera a las vigas de concreto es una conexión simple y puede generar un comportamiento deficiente en caso de un movimiento sísmico. Con base en esto, la edificación no cuenta con un diafragma rígido para el sistema de entrepiso y cubierta.

Propuesta de Intervención

Alternativa de Intervención #1 – Reforzamiento Estructural

Proceso Constructivo. La alternativa propuesta contempla el reforzamiento y reemplazo de gran parte de los elementos estructurales y no estructurales existentes. El proceso de intervención propuesto comprenderá las siguientes etapas:

1. Incremento de la sección transversal de las columnas de concreto existentes de 0.30x0.30m y 0.25x0.25m hasta completar una sección transversal con una dimensión aproximada de 0.40x0.70m. Esta intervención se debe realizar para las columnas en su altura total mediante un recalce, desde el nivel de cimentación hasta el nivel de cubierta.

2. Incremento de las dimensiones de zapatas existentes de 1.40x1.40m a 3.00x3.00m mediante recalce. Adicionalmente, se deben construir vigas de amarre de cimentación para evitar el funcionamiento de la cimentación como zapatas aisladas y la prevención de grandes asentamientos diferenciales.

3. Apuntalamiento del sistema de entrepiso desde el nivel N+0.00 hasta N+5.00m mediante el uso de camillas y parales generando un piso provisional, que soporte el sistema de entrepiso actual.

4. Demolición total del sistema de cubierta en los niveles N+6.45m y N+7.25m y los muros de mampostería del nivel N+5.00m y N+3.60m. Dado el avanzado estado de deterioro en los elementos y los colapsos parciales.

5. Construcción del sistema nuevo de cubiertas en el nivel N+6.45 y N+7.25m, incluyendo vigas de concreto reforzado que conecten las columnas recalzadas.

6. Demolición completa del sistema de entrepiso para los niveles N+5.00m, N+3.60m, dado el avanzado estado de deterioro en los elementos.

7. Construcción del nuevo sistema de entrepiso para los niveles N+5.00m y N+3.60m, conformado por vigas en concreto reforzado que conectan las columnas existentes recalzadas losa superior y viguetas en una dirección, se estima una altura total de sistema de entrepiso de 0.50m.

8. Demolición total de los muros de mampostería y del sistema de entrepiso para el nivel N+2.10m, dado el avanzado estado de deterioro en los elementos.

9. Construcción del nuevo sistema de entrepiso para el nivel N+2.10m, conformado por vigas que conectan las columnas existentes recalzadas losa superior y viguetas en una dirección, se estima una altura total de sistema de entrepiso de 0.50m.

10. Construcción de los elementos no estructurales los cuales deben quedar separados del sistema principal de resistencia sísmica.

Modelación. A continuación, se presenta la modelación para el diseño estructural del reforzamiento planteado.

Modelación computacional: Con el fin de estudiar las deformaciones verticales, la distribución de fuerzas a los diferentes elementos estructurales y evaluar con esto el nivel de funcionalidad y seguridad de la estructura, a la luz de la normativa aplicable, se desarrolla un modelo computacional tridimensional. Este modelo se utiliza tanto para el análisis del comportamiento ante cargas gravitacionales como para el análisis del comportamiento por asentamientos. Las consideraciones y suposiciones básicas del modelo son las siguientes:

- ☐ Empotramiento en la base.
- ☐ Comportamiento elástico lineal de todos los elementos.
- ☐ Considera efectos P-delta globales.
- ☐ Vigas se modelan con elementos tipo “Frame”.
- ☐ Columnas se modelan con elementos tipo “Frame”.
- ☐ Muros se modelan con elementos tipo “Shell”

- ☐ Elementos tipo “Frame” modelados en el eje de los elementos.
- ☐ Todas las conexiones con continuidad en rotaciones.
- ☐ No se considera diafragma rígido en cada nivel.
- ☐ Cargas sobrepuestas aplicadas como cargas distribuidas en la placa y cubierta.
- ☐ Inercias fisuradas en todos los elementos.

Aplican los requerimientos establecidos por las NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMORESISTENTES (NSR10). Ley 400 de 1997, Ley 1229 de 2008, Decreto 019 de 2012 y los decretos: 926 del 19 de marzo 2010, 2525 del 13 de julio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011 y 340 del 13 de febrero de 2012.

☐ Tipología estructural: El reforzamiento planteado pretende obtener la mejor respuesta estructural de la edificación, razón por la cual, se plantea un sistema de pórticos resistentes a momento con capacidad de disipación moderada de energía (DMO). De acuerdo con la norma, los pórticos de concreto reforzado tienen un coeficiente básico de modificación de respuesta o disipación de energía de: $R_o = 5.0$ para las edificaciones con disipación moderada de energía (DMO).

Tabla 19.

Propiedades de columna reforzada

Propiedades Geométricas		
B (cm)	40.00	Base
L (cm)	60.00	Altura
A_g (cm ²)	2400.00	Área bruta
Propiedades de los materiales		
f'_c (MPa)	21.00	Res concreto
f_y (MPa)	420.00	Esfuerzo acero
E_s (MPa)	200000.00	Modulo acero
ϵ_c	0.00	Def concreto
ϵ_s	0.00	Def acero
ϵ_{tc}	0.00	Def compre
ϵ_{tt}	0.01	Def tensión
Δ_c (cm)	0.01	Delta_c
β_1	0.85	-
Phis - NSR-10		
Φ_c	0.65	Phi compresión
Φ_t	0.90	Phi tensión

Fuente: BRV S.A.S.

Tabla 20.
Resistencia de columna reforzada

Resistencia Axial	
ϕP_0 (Ton)	330.01
ϕP_t (Ton)	232.17
Resistencia Axial	
P_0 (Ton)	676.94
P_t (Ton)	257.97

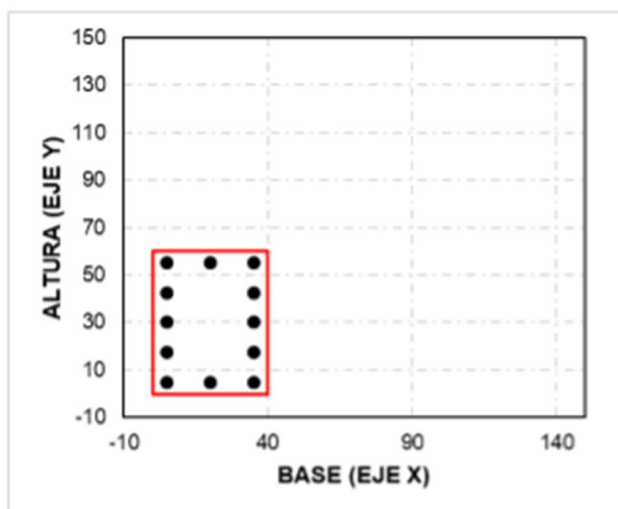
Fuente: BRV S.A.S.

Tabla 21.
Ubicación de acero de refuerzo columna reforzada

Coordenadas Barras de Refuerzo				
Barra #	Diametro	Area (cm2)	X (cm)	Y (cm)
8.00	2.54	5.10	5.00	5.00
8.00	2.54	5.10	20.00	5.00
8.00	2.54	5.10	35.00	5.00
8.00	2.54	5.10	5.00	55.00
8.00	2.54	5.10	20.00	55.00
8.00	2.54	5.10	35.00	55.00
8.00	2.54	5.10	5.00	17.50
8.00	2.54	5.10	5.00	30.00
8.00	2.54	5.10	5.00	42.50
8.00	2.54	5.10	35.00	17.50
8.00	2.54	5.10	35.00	30.00
8.00	2.54	5.10	35.00	42.50

Fuente: BRV S.A.S.

Tabla 22.
Ubicación espacial acero de refuerzo



Fuente: BRV S.A.S.

Tabla 23.
Diseño de vigas

Descripción			0.25x0.25m	0.3x0.5m
Dimensiones	Alto	[m]	0.25	0.5
	Ancho	[m]	0.25	0.3
	rec	[m]	0.04	0.04
Refuerzo Longitudinal	Superior		2 #4	3 #6
	Inferior		2 #4	3 #6
Refuerzo Transversal	Extremos		E #3 @ 8m	E #3 @ 20m
	Centro		E #3 @ 16m	E #3 @ 20m
Capacidades	ϕM_n^+	[kN-m]	19.25	140.53
	ϕM_n^-	[kN-m]	19.25	140.53
	$\phi V_{n\text{ EXT}}$	[kN]	153.26	196.35
	$\phi V_{n\text{ CEN}}$	[kN]	94.34	196.35

Descripción			0.25x0.25m	0.3x0.5m
Demandas	M_U^+	[kN-m]	3.09	2.72
	M_U^-	[kN-m]	6.17	5.24
	V_U	[kN]	5.64	9.73
	V_U	[kN]	5.64	9.43
ISE	$M_U^+/\phi M_n^+$	[-]	0.16	0.02
	$M_U^-/\phi M_n^-$	[-]	0.32	0.04
	$V_U/\phi V_{n\text{ EXT}}$	[-]	0.04	0.05
	$V_U/\phi V_{n\text{ CEN}}$	[-]	0.06	0.05

Fuente: BRV S.A.S.

Tabla 24.
Diseño de zapatas

Zapata	Espesor (m)	Base (m)	Altura (m)	Ref. Superior	Ref. Inferior
Z1	0.45	11.0	2.0	#6@15cm	#5@15cm
Z2	0.45	2.0	3.0	#6@15cm	#5@15cm
Z3	0.45	7.6	2.0	#6@15cm	#5@15cm
Z4	0.45	1.5	6.7	#6@15cm	#5@15cm
Z5	0.45	2.0	6.7	#6@15cm	#5@15cm
Z6	0.45	2.0	6.2	#6@15cm	#5@15cm
Z7	0.45	1.5	5.0	#6@15cm	#5@15cm

Fuente: BRV S.A.S.

Tabla 25.
Diseño de sistema de entrepiso

Descripción			Viguetas	Riostras	Losa Superior
Dimensiones	Alto	[m]	0.40	0.40	0.07
	Ancho	[m]	0.20	0.20	-
	rec	[m]	0.04	0.04	2.00
	s	[m]	1.00	2.50	-
Refuerzo Longitudinal	Superior		2 #5	2 #5	-
Refuerzo Transversal	Inferior		2 #5	2 #5	Parrilla $\varnothing$ 8mm @0.15m
	Extremos		E #3 @ 15m	E #3 @ 15m	-
	Centro		E #3 @ 15m	E #3 @ 15m	-
Capacidades	ϕM_n^+	[kN-m]	51.25	51.25	5.96
	ϕM_n^-	[kN-m]	51.25	51.25	2.16
	$\phi V_{n\text{ EXT}}$	[kN]	156.31	156.31	33.73
	$\phi V_{n\text{ CEN}}$	[kN]	156.31	156.31	-
Demandas	M_u^+	[kN-m]	40.11	16.04	1.29
	M_u^-	[kN-m]	50.13	16.04	1.58
	V_u	[kN]	50.13	16.04	8.15
	V_u	[kN]	33.42	10.69	-
ISE	$M_u^+/\phi M_n^+$	[-]	0.78	0.31	0.22
	$M_u^-/\phi M_n^-$	[-]	0.98	0.31	0.73
	$V_u/\phi V_{n\text{ EXT}}$	[-]	0.32	0.10	0.24
	$V_u/\phi V_{n\text{ CEN}}$	[-]	0.21	0.07	-

Fuente: BRV S.A.S.

Presupuesto: A continuación, se presenta un presupuesto inicial de las actividades primordiales para realizar el reforzamiento estructural planteado. Este presupuesto contempla únicamente las actividades relacionadas con el refuerzo estructural. Hay que tener en cuenta que todos los acabados y redes deben ser remplazados ya que estos están obsoletos y en mal estado.

Para estimar los costos de la obra nos basamos en un análisis de costos unitarios por metro cuadrado utilizando como referencia un proceso de construcción realizado por la entidad en el cual se agregan todos los acabados y necesidades en redes que tiene la entidad. El proceso de referencia es el siguiente: “CONSTRUCCIÓN PRIMERA FASE ESTACIÓN DE POLICIA No. 8 EN CARTAGENA - BOLIVAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS SIN FÓRMULA DE REAJUSTE” que tiene como numero de referencia en el SECOP “PN DIRAF SA MC 054 2017”. En la siguiente tabla se resumen los costos totales antes de AIU y con un AIU aproximado de 30%.

Tabla 26.
Presupuesto aproximado reforzamiento

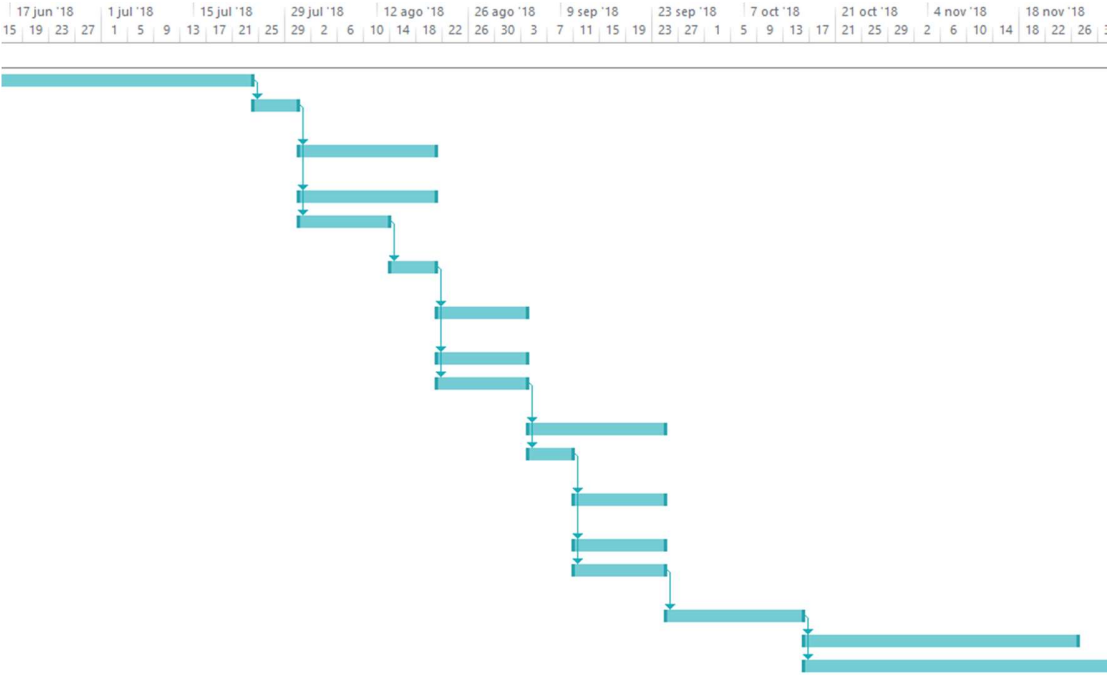
Alternativa de Intervención #1 – Reforzamiento Estructural						
Cod.	Ítem	Un.	Cantidad	V. Unitario.	Subtotal	Subtotal Capítulos
1	ACTIVIDADES PREVIAS					\$185.250.000
1,1	Demolición Edificacion	M2	650	\$285.000	\$185.250.000	
2	ESTRUCTURA					\$773.567.852
2,1	Columnas en concreto	M3	35,6	\$796.050	\$28.363.262	
2,2	Concreto Sistema de piso	M3	381,3	\$776.800	\$296.178.304	
2,3	Concreto Placa de cubierta	M3	190,6	\$776.800	\$148.089.152	
2,4	Escalera en concreto	M3	9,0	\$954.750	\$8.592.750	
2,5	Cimentacion	M3	119,7	\$631.000	\$75.530.700	
2,6	Vigas	M3	88,1	\$739.550	\$65.139.564	
2,7	Acero de refuerzo	kg	43.212,0	\$3.510	\$151.674.120	
3	COMPLEMENTOS PARA OBRA					\$1.170.000.000
3,1	Acabados y Redes	M2	650,0	\$1.800.000	\$1.170.000.000	
3	Sub Total, sin AIU					\$2.128.817.852
	ADMINISTRACION (15%)					\$319.322.678
	IMPREVISTOS (10%)					\$212.881.785
	UTILIDAD (5%)					\$106.440.893
4	TOTAL					\$2.767.463.207

Fuente: BRV S.A.S.

Programación: A continuación, se presenta una programación inicial de las actividades primordiales para realizar el reforzamiento estructural planteado. Esta programación contempla únicamente las actividades relacionadas con estructura para el refuerzo estructural.

Tabla 27.
Programación para el reforzamiento

		Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1			Apuntalamiento edificación	7 días	vie 1/06/18	lun 11/06/18	
2			Cimentación	30 días	mar 12/06/18	lun 23/07/18	1
3			Demolición parcial edificación piso 1	5 días	mar 24/07/18	lun 30/07/18	2
4			columnas en concreto primer piso	15 días	mar 31/07/18	lun 20/08/18	3
5			Vigas primer piso	15 días	mar 31/07/18	lun 20/08/18	3
6			concreto sistema de primer piso	10 días	mar 31/07/18	lun 13/08/18	3
7			Demolición parcial edificación piso 2	5 días	mar 14/08/18	lun 20/08/18	6
8			columnas en concreto segundo piso	10 días	mar 21/08/18	lun 3/09/18	7
9			Vigas segundo piso	10 días	mar 21/08/18	lun 3/09/18	7
10			concreto sistema de segundo piso	10 días	mar 21/08/18	lun 3/09/18	7
11			Escalera en concreto	15 días	mar 4/09/18	lun 24/09/18	10
12			Demolición parcial edificación piso 3	5 días	mar 4/09/18	lun 10/09/18	10
13			columnas en concreto tercer piso	10 días	mar 11/09/18	lun 24/09/18	12
14			Vigas tercer piso	10 días	mar 11/09/18	lun 24/09/18	12
15			concreto sistema de tercer piso	10 días	mar 11/09/18	lun 24/09/18	12
16			Concreto placa cubierta	15 días	mar 25/09/18	lun 15/10/18	15
17			Redes	30 días	mar 16/10/18	lun 26/11/18	16
18			Acabado	45 días	mar 16/10/18	lun 17/12/18	16



Fuente: Propia

Alternativa de intervención #2 – Demolición de la Estructura.

Proceso Constructivo. La alternativa propuesta contempla la demolición total de la edificación actual y la construcción de una edificación nueva. Esta alternativa se plantea debido al alto nivel de deterioro de los elementos existentes, la carencia de resistencia y ductilidad de los elementos estructurales y la complejidad del procedimiento constructivo que implica contemplar una intervención de la estructura existente. Al realizar una intervención de reforzamiento se debe procurar tratar de recuperar y restaurar la mayor cantidad de elementos existentes, caso en el cual resulta muy complejo. Las actividades que se desarrollarán son las siguientes:

- *1. Demolición completa de la edificación.* Elementos estructurales, no estructurales y cimentación. En este caso, al tener que demoler la estructura completa y no por fases como en la alternativa anterior, los costos asociados a la demolición se reducen sustancialmente. Es necesario realizar la demolición desde el piso superior y retirar los escombros inmediatamente para no generar sobrecargas en los sistemas de piso. Es muy probable que se necesite apuntalar el sistema de piso existente para la demolición, sin embargo, no es necesario tener este apuntalamiento por un tiempo tan prologado, pues cuando se demuele un piso y se pasa al siguiente, se retira el sistema de apuntalamiento.
- *2. Diseño de la nueva edificación.* Al tener la posibilidad de realizar un diseño nuevo existen dos opciones: la primera es mantener la distribución de espacios existentes y simplemente construir la nueva edificación en cumplimiento de la NSR-10. La segunda opción es poder replantear arquitectónicamente los espacios para así poder aprovechar las áreas de una forma más óptima, tanto en planta como en altura.

Modelaciones. Al no realizar un diseño definitivo de una nueva edificación, no se realizan modelos numéricos para esta alternativa. Se debe contratar una consultoría para realizar los nuevos diseños de la nueva edificación.

Memorias de Calculo. Con el fin de determinar una memoria de cálculo acertada se requiere contratar un diseño arquitectónico y estructural que se acomode a la nueva distribución y diseño de la edificación nueva. Con esta alternativa se puede tener la posibilidad de redistribuir los espacios para poder tener un mejor aprovechamiento del terreno. Por lo cual se recomienda contratar una consultoría completa que contemple todas las necesidades que requiera la entidad para darle un buen uso al predio.

Presupuesto Alternativa #2: Dado que no se tiene planos definitivos de una estructura nueva se asume un área similar a la actual aproximada para realizar un presupuesto preliminar de los costos de obra. Para estimar los costos de la obra nos basamos en un análisis de costos unitarios por metro cuadrado utilizando como referencia un proceso de construcción realizado por la entidad en el cual se agregan todos los acabados y necesidades en redes que tiene la entidad. El proceso de referencia es el siguiente: “CONSTRUCCIÓN PRIMERA FASE ESTACIÓN DE POLICIA No. 8 EN CARTAGENA - BOLIVAR A PRECIOS UNITARIOS FIJOS SIN FÓRMULA DE REAJUSTE” que tiene como numero de referencia en el SECOP “PN DIRAF SA MC 054 2017”. Para los costos de la obra nueva se deben realizar una consultoría que en el caso de entidades oficiales tiene un costo aproximado entre 15% a 20% del valor aproximado de la obra en función de su complejidad.

Tabla 28.
Presupuesto aproximado para él la obra nueva

Alternativa de intervención #2 – Demolición de la Estructura					
Cod.	Ítem	Un.	Cantidad	V. Unitario.	Subtotal
1,1	Estudios y diseños	M2	650	\$290.000	\$188.500.000
1,2	Construccion institucional	M2	650	\$2.900.000	\$1.885.000.000
2	Sub Total, sin AIU				\$2.073.500.000
	ADMINISTRACION (15%)				\$311.025.000
	IMPREVISTOS (10%)				\$207.350.000
	UTILIDAD (5%)				\$103.675.000
4	TOTAL				\$2.695.550.000

Fuente: BRV S.A.S.

Conclusiones

- La edificación denominada CAI El Guavio presenta un nivel de vulnerabilidad sísmica alto, debido a la antigüedad y falta de mantenimiento de la misma.
- La estructura en general presenta colapsos parciales, fisuración en muros de mampostería, graves problemas fitosanitarios y de humedad.
- Los elementos estructurales principales (vigas y columnas) tienen materiales deficientes y composición estructural (sección transversal y refuerzo) insuficiente.
- Ante cargas gravitacionales, la estructura se encuentra con una distribución de esfuerzos estable, sin embargo, cualquier alteración, tanto en cargas como en distribución de elementos, puede resultar en el colapso parcial o total de la estructura.
- La configuración del sistema estructural actual dado el grupo de uso III y el nivel de amenaza sísmica intermedia donde se encuentra localizada la edificación, no es permitida por la NSR-10. Con base en esto, el sistema estructural de la edificación debe ser un pórtico resistente a momentos con capacidad de disipación de energía moderada. Para cumplir con este requisito se debe realizar una intervención de la misma hasta cumplir con lo establecido en la NSR-10. Adicionalmente, se deben desvincular los muros no estructurales de mampostería simple del sistema principal de resistencia sísmica con el fin de garantizar su funcionalidad como pórtico resistente a momentos y no un sistema combinado.

Recomendaciones

- Se debe restringir completamente el acceso a la edificación para cualquier persona. Debido al alto estado de deterioro y vulnerabilidad de todos y cada uno de los elementos estructurales, no se debe transitar por ningún sector de la edificación, pues se corren riesgos de tener colapsos parciales de cualquier elemento del sistema de piso.
- Es necesario intervenir la edificación lo más pronto posible con el objetivo de evitar el colapso de la misma por el deterioro presentado en todos los elementos.
- Se recomienda realizar un cerramiento del tránsito peatonal y parqueo de vehículos en las aceras adyacentes al predio. Esta recomendación se basa principalmente en la falta de resistencia de los muros de fachada, los cuales pueden causar accidentes en caso de cualquier movimiento horizontal de la edificación.
- Cualquier modificación que se realice a la edificación puede cambiar el estado de esfuerzos y equilibrio parcial de la estructura, provocando redistribuciones de esfuerzo en los elementos principales. Se recomienda no realizar ninguna modificación ni intervención sin la aprobación de un ingeniero estructural.
- Con respecto a las alternativas de intervención propuestas anteriormente, se recomienda enfáticamente optar por la alternativa de demolición completa y diseño de una nueva estructura. Optar por la alternativa de reforzamiento conlleva un esfuerzo técnico, logístico y presupuestal alto. El deterioro de todos los elementos estructurales y no estructurales de la edificación hacen que la recuperación o restauración de los mismos sea inviable, por lo cual tocaría reemplazar casi en su totalidad la edificación.
- En cualquiera de las dos alternativas se debe tener en cuenta el cambio de redes y acabados, ya que su estado actual es deficiente por la edad de la edificación y los agentes biológicos a los que se encuentra expuesta la estructura.

Referencias Bibliográficas

FOPAE, DI-5721. (2011). Diagnóstico Técnico DI-5721 al CAI El Guavio. Subdirección de análisis de riesgo y efectos de cambio climático. Alcaldía mayor de Bogotá.

FOPAE, RO-54326. (2012). Recomendación RO-54326 al CAI El Guavio. Subdirección de análisis de riesgo y efectos de cambio climático. Alcaldía mayor de Bogotá.

FOPAE, DI-7468. (2014). Diagnóstico Técnico DI-7468 al CAI El Guavio. Subdirección de análisis de riesgo y efectos de cambio climático. Alcaldía mayor de Bogotá.

Cuevas, Fernando. (2015). Árbol de problemas causa efecto. Recuperado de:
<https://fernandocuevasblog.files.wordpress.com/2015/11/arbol-de-problemas-causaefecto.jpg>

L. Villegas, I. Lombillo, C. Hoppe, D. Silió, GTED-UC. (2007). Los estudios previos en la rehabilitación de construcciones del patrimonio construido. Congresso Construção 2007-3.º Congresso Nacional , Coimbra, Portugal. Universidad de Coimbra.

Rehabimed. (2008). Guía RehabiMed para la rehabilitación de edificios tradicionales. Una aproximación integral al edificio. ESP Mètode 20080212.

De Luxan, Margarita. (2010). Manual de Rehabilitación y Habilidadación Eficiente en Edificación. Weber Saint-Gobain. España.

Pérez, A. J, (2010). Mantenimiento de Edificios. Primeras jornadas de mantenimiento de edificios. Escuela politécnica superior de edificación de Barcelona. Barcelona.

American Concrete Institute ACI 437R (2003). Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings.

American Concrete Institute ACI 228R (1998). Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures.

American Concrete Institute ACI 364R (2007). Guide for Evaluation of Concrete Structures before Rehabilitation

International Organization for Standardization ISO 16204 (2012). Durability. Service life design of concrete structures.

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (2010). Título A.

Congreso De Colombia. (2003) Ley 810 “Por medio de la cual se modifica la Ley 388 de 1997 en materia de sanciones urbanísticas y algunas actuaciones de los curadores urbanos y se dictan otras disposiciones” artículo 8°. Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=8610>

Congreso De Colombia. (2010). Decreto 1469 “*Por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los curadores urbanos y se expiden otras disposiciones.*” Artículo 10°. Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=39477>.

Alcaldía Mayor de Bogotá. Plan de Ordenamiento Territorial.

Google Maps (2016). Place CAI Guavio (Vista Earth), Recuperado de

<https://www.google.com.co/maps/place/CAI+Guavio/@4.5907264,-74.0707135,219m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x36214b86f8023c03!8m2!3d4.5892619!4d-74.0715735>

Servicio Geológico Colombia, (S/F). Microzonificación sísmica Bogotá. Mapa de microzonificación sísmica de Bogotá. Recuperado de:
http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/Mapa_Microzonifica_Sismica.pdf

Babe, R. M. (1986). Mantenimiento y Reconstrucción de Edificios. Ministerio de Educación Superior, Ciudad de La Habana, Cuba.

Ruiz, G. (1998). Conservación y rehabilitación. Políticas, vías y acciones. IV Conferencia Internacional de la Vivienda y el Urbanismo, Ciudad de La Habana, Cuba.

Olivera, A. (1983). Mantenimiento en las edificaciones. España.

Arencibia, F. M. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 1, núm. 1, pp. 1-8, Matanzas, Cuba,

Sitter, W.R. (1983) Costs for Service Life Optimization. The “Law of Fives”. In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen, 18-20. Copenhagen, CEB. (Workshop Reported by Steen Rostam)

Chuc, J. A. (2010). Mantenimiento de edificios. slideshare.net. Recuperado de:
<http://es.slideshare.net/paviruchi/mantenimiento-de-edificios>

Armengol, G. V, (2010). Mantenimiento de Edificios. Primeras jornadas de mantenimiento de edificios. Escuela politécnica superior de edificación de Barcelona. Barcelona.

Altimira, J. (2012). Plan de mantenimiento. jaltimira.com. Recuperado de:
<https://jaltimira.files.wordpress.com/2012/01/plan-de-manteniment.pdf>

Presidencia de la República de Colombia. (1968). “*Por el cual se reforma la organización administrativa del distrito especial de Bogotá.*” Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3788>.

Concejo de Bogotá. (1990). “*Por medio del cual se adopta el Estatuto para el Ordenamiento Físico del Distrito Especial de Bogotá, y se dictan otras disposiciones.*” Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=540>.

Presidencia de la República de Colombia. (1993). “*Por el cual se dicta el régimen especial para el Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá.*” Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1507>.

Presidencia de la República de Colombia. (1995). “*Por el cual se suprimen y reforman Regulaciones, procedimientos o trámites innecesarios existentes en la Administración Pública.*” Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1208>.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2007). “*Por el cual se adopta la Operación Estratégica del Centro de Bogotá, el Plan Zonal del Centro -PZCB- y las Fichas Normativas para las Unidades de Planeamiento Zonal -UPZ- 91 Sagrado Corazón, 92 La Macarena, 93 Las Nieves, 94 La Candelaria, 95 Las Cruces y 101 Teusaquillo.*” Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=27312>.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2008). “*Por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997.*” Alcaldiabogota.gov.co. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36158>