



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

ESTUDIO PATOLÓGICO Y DE VULNERABILIDAD SÍSMICA VIVIENDA
FAMILIA FORERO, VILLA DE SAN DIEGO DE UBATÉ
CUNDINAMARCA.

ELABORÓ:

I.c. SERGIO ENRIQUE MURCIA SÁNCHEZ

CC. 1.074.556.816

CÓDIGO: 2216901

ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ D.C.



TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIONES	4
LISTADO DE TABLAS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN.....	8
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
OBJETIVO GENERAL	10
Objetivos específicos.....	10
MARCO REFERENCIAL	11
MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO.	11
METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	11
MARCO LEGAL DEL PROYECTO	14
ALCANCE Y LIMITACIONES.....	15
METODOLOGÍA	16
DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE	16
PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	17
Inspección Preliminar Del Paciente.....	17
Recopilación de información necesaria para el estudio.	17
Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información.	18
Alcances de la exploración.....	18
Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.	19
Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.	19
Definición de los medios para realizar la exploración.	19
Medidas preventivas durante la exploración.	20



HISTORIA CLÍNICA.....	21
Información general del paciente.	21
Localización:	21
Descripción Sistema de cimentación:.....	22
Descripción elementos estructurales	22
Extracción De Núcleos	24
Análisis de resistencia a la compresión de los núcleos extraídos.....	38
Determinación de la Carbonatación	40
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA:.....	47
INFORMACIÓN PRELIMINAR	47
EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE	49
DIAGNÓSTICO.....	62
INTERVENCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.....	65
PRESUPUESTO DEL TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73



TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Fachada principal.....	16
Ilustración 2: Localización del paciente.....	21
Ilustración 3: Pendón Licencia De Construcción.....	22
Ilustración 4: Sección transversal vigas.....	23
Ilustración 5: Equipo de extracción de probetas.....	25
Ilustración 6: broca utilizada para la extracción de broca.....	26
Ilustración 7: Planta arquitectónica de referencia primer piso.....	27
Ilustración 8: perforación muestra C2.....	28
Ilustración 9: Fotografía panorámica perforación muestra C2.....	28
Ilustración 10: probeta C2 P1 elemento D2 P1.....	29
Ilustración 11: Fotografía perforación probeta B2 P2.....	29
Ilustración 12: Fotografía panorámica perforación de la probeta B2P2.....	30
Ilustración 13: probeta B2-P2.....	30
Ilustración 14: Localización de extracción de probetas segundo nivel.....	31
Ilustración 15: fotografía perforación columna D2-P2.....	32
Ilustración 16: fotografía panorámica elemento perforación D2-p2.....	33
Ilustración 17: probeta D2P2.....	33
Ilustración 18: Fotografía perforación probeta A2P3.....	34
Ilustración 19: Fotografía panorámica perforación probeta A2P3.....	34
Ilustración 20: Probeta o núcleo A2P3.....	35
Ilustración 21: muestras extraídas para determinar la resistencia a compresión promedio de la estructura.	35
Ilustración 22: Localización de extracción de probetas tercer nivel.....	36
Ilustración 23: Ensayo de carbonatación en la probeta D2P2.....	40
Ilustración 24: Ensayo de frente de carbonatación probeta B2P2.....	41
Ilustración 25: Ensayo de frente de carbonatación probeta A2-P3.....	41
Ilustración 26: Ensayo de frente de carbonatación núcleo C2-P1.....	42
Ilustración 27: Ensayo de frente de carbonatación D2 P1.....	42
Ilustración 28: Ensayo de carbonatación muestra C2-P2.....	43
Ilustración 29: Ensayo de frente de carbonatación muestra B1 P1.....	43
Ilustración 30: Fotografía localización de apique de exploración.....	45
Ilustración 31: Fotografía localización de viga de amarre a nivel de cimentación.....	45
Ilustración 32: Fotografía apique #2.....	46
Ilustración 33: Verificación de dimensiones en apique exploratorio.....	47
Ilustración 39: Vista isométrica del modelo matemático realizado en el programa ETABS.....	49
Ilustración 34: Mapa valores de amenaza sísmica, para movimientos con seguridad limitada.....	51
Ilustración 35: coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos debida a los efectos de sitio, Fa.....	51
Ilustración 36: coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios (Fv=3.2).....	52



Ilustración 37: espectro elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g	52
Ilustración 38: Espectro para evaluación de estructuras con movimientos sísmicos de seguridad limitada y perfil de suelo tipo E	53
Ilustración 40: Grafico deducción de ecuaciones método de la resistencia.	54
Ilustración 41: Grafico carga axial momento en dirección 2 (P- M2)	56
Ilustración 42: Grafico carga axial momento en 3 (P-M3)	56
Ilustración 43: diagrama de iteración C 12.5X25 carga axial, P, Momento en local 2.....	57
<i>Ilustración 44: Diagrama de iteración columnas 12.5X25, carga axial, P, Momento en eje local 3</i>	<i>58</i>
Ilustración 45: Índices de sobreesfuerzo en columnas o PMM Ratios (no está afectado por el coeficiente de calificación.)	59
Ilustración 46: índice de flexibilidad.....	61
Ilustración 47: Ratios carga axial momento, (PMM), para cargas de servicio	62
Ilustración 49: Ratios cargas axial momento (PMM) carga muerta.....	63
Ilustración 48: efectos de muros diafragma o de relleno	64
Ilustración 50: Tipos de reforzamiento en función de su objetivo.	66
Ilustración 51: propuesta de reforzamiento de columnas “section designer”.	66
Ilustración 52: propuesta de reforzamiento vigas	67
Ilustración 53: Diagrama de iteración columnas reforzadas carga axial, P, Momento en eje local 2.....	69
Ilustración 54:Diagrama de iteración columnas reforzadas carga axial, P, Momento en eje local 2.....	69
Ilustración 55: grafico de relación demanda vs capacidad, carga axial y momentos (PMM).....	70

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: resistencia a la compresión de núcleos extraídos.....	37
Tabla 2: cálculo de vida útil residual a partir del frente de carbonatación.....	44
Tabla 3: Perfil del estratigráfico promedio del subsuelo.....	45
Tabla 4: coeficiente de evaluación de calidad del diseño y la construcción	48
Tabla 5: avalúo de cargas verticales.....	50
Tabla 6: valores del coeficiente de importancia, I.....	53
Tabla 7: Datos de Diagrama de iteración columnas de sección 25X25	55
Tabla 8: datos diagrama de iteración columnas 12.5x25	57
Tabla 9: índices de sobreesfuerzo	59
Tabla 10: Derivas por piso.	60
Tabla 11: derivas y deformaciones de la propuesta de reforzamiento.	67
Tabla 12: Datos diagrama de iteración columnas reforzadas.....	68
Tabla 13: Productos para relleno según el espacio entre la superficie del elemento y la platina de reforzamiento.....	70
Tabla 14: presupuesto TPI.....	71



RESUMEN

Este proyecto tiene como propósito realizar el estudio técnico para: (i) evaluar el comportamiento estructural bajo cargas de servicio y cargas sísmicas y (ii) proponer la intervención necesaria para mejorar el comportamiento de la estructura, incrementar la vida útil de la construcción y mitigar el riesgo de ocurrencia de daños en el paciente: una vivienda multifamiliar de propiedad del señor Jaison Orlando Forero, localizada en la calle 4B No. 10ª 27-29, municipio de Ubaté, Cundinamarca, Colombia. A partir de: (i) un estudio patológico predictivo y preventivo y (ii) un análisis de vulnerabilidad sísmica.

ABSTRACT

The purpose of this project is to carry out a technical study to: (i) evaluate the structural behavior under service loads and seismic loads and (ii) propose the necessary intervention to improve the behavior of the structure, increase the useful life of the construction and mitigate the risk of occurrence of damage to the patient: a multifamily dwelling owned by Mr. Jaison Orlando Forero, located at Calle 4B No. 10ª 27-29, municipality of Ubaté, Cundinamarca, Colombia. Based on: (i) a predictive and preventive pathological study and (ii) a seismic vulnerability analysis.

INTRODUCCIÓN

El proyecto se seleccionó como paciente una edificación localizada en el municipio de Villa de San Diego de Ubaté, Cundinamarca, dicha edificación es de uso residencial, vivienda multifamiliar de tres niveles, su estructura está conformada por mampostería de muros diafragma según la definición dispuesta en el Título D del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10. El paciente no contó con diseño estructural previo a su construcción, ni con asesoría profesional durante esta, tampoco se realizaron pruebas de resistencia a la compresión del concreto.

Disposiciones de la Entidad Territorial exigen que previo a la aprobación de los planos de propiedad horizontal debe realizar un peritaje técnico de la estructura, para lo cual propongo hacer un estudio patológico y un análisis de vulnerabilidad sísmica, de acuerdo con los resultados de estos estudios, realizar una propuesta de reforzamiento estructural.



FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para la Ejecución de este proyecto se seleccionó como paciente una estructura de 3 niveles con una terraza, la construcción es relativamente reciente, pero mayor a 5 años, la asesoría constructiva se desarrolló por parte del maestro de obra y los ayudantes los cuales tenían experiencia previa en este tipo de proyectos, es necesario resaltar que no se contó con planos estructurales propiamente dichos ni con asesoría técnica profesional.

OBJETIVO GENERAL

Realizar evaluación técnica estructural mediante la ejecución de estudio patológico y análisis de vulnerabilidad sísmica de la vivienda multifamiliar propiedad del señor Orlando Forero, localizada en el municipio de Villa de San Diego de Ubaté, Cundinamarca.

Objetivos específicos

- Definir un programa de laboratorios y ensayos enfocados en determinar las características mecánicas de los materiales que conforman la estructura.
- Realizar una exploración aleatoria para determinar las características del sistema de cimentación y las características del suelo de soporte mediante
- Determinar las patologías existentes y tratar de prever las lesiones futuras a causas identificadas.
- Determinar la estabilidad de la estructura y el grado de vulnerabilidad sísmica que presenta.
- Generar alternativas de intervención, que permitan obtener el nivel de seguridad requerido por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
- Estimar las cantidades, el presupuesto y el cronograma de las actividades

MARCO REFERENCIAL

MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO.

Proceso metodológico Estudio patológico:

- **Etapa 1: Recolección de información previa:** Consiste en recolección de datos que conlleven a una definición física lo más desarrollada posible y que se complemente con aspectos tan diversos como los de tipo legal, histórico, etc.
- **Etapa 2 Reconocimiento,** en este ítem dado el carácter preventivo o pediátrico por las características del paciente no se limitó a identificar, ubicación, forma, cuantificación si no que tratara de predecir los posibles defectos futuras basados en las características previamente obtenidas.
- **Etapa 3 Diagnóstico:** Documento de mayor rango sobre el que recae la toma de decisiones sobre qué tipo de actuación o intervención debe llevarse a cabo. Recoge los estudios de análisis y comportamiento de materiales y sistemas, así como la posibilidad de llevar a cabo determinada actuación.
- **Proyecto:** Se trata de la materialización de la propuesta de intervención y/o de los tratamientos terapéuticos requeridos del proyecto de construcción.

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.

Es una parte fundamental de la evaluación técnica de la estructura, este documento nos determinara en términos de resistencia y funcionalidad las actividades a efectuar, a diferencia del estudio patológico este está claramente definido y reglamentado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR – 10, en el Capítulo A.10 – Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento.

“A.10.1.4 – **PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN** – En la aplicación del presente Capítulo deben seguirse las siguientes etapas:

INFORMACIÓN PRELIMINAR

Etapa 1 – Debe verificarse que la intervención esté cubierta por el alcance dado en A.10.1.3.

Etapa 2 – Debe recopilarse y estudiarse la información existente acerca del diseño geotécnico y estructural, así como del proceso de construcción de la edificación original y sus posteriores modificaciones y deben hacerse exploraciones en la edificación, todo esto de acuerdo con A.10.2.

Etapa 3 – El estado del sistema estructural debe calificarse con respecto a: **(a)** la calidad del diseño de la estructura original y su sistema de cimentación y de la construcción de la misma y – **(b)** el estado de mantenimiento y conservación. Esta calificación debe hacerse de acuerdo con los requisitos de A.10.2.

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.

Etapa 4 – Deben determinarse unas solicitaciones equivalentes de acuerdo con los requisitos de A.10.4.2.

Etapa 5 – Debe llevarse a cabo un análisis elástico de la estructura y de su sistema de cimentación para las solicitaciones equivalente definidas en la Etapa 4.

Etapa 6 – la resistencia existente de la estructura debe determinarse utilizando los requisitos de A.10.4.3.3.

Etapa 7 – Se debe obtener una resistencia efectiva de la estructura, a partir de la resistencia existente, afectándola por dos coeficientes de reducción de resistencia obtenidos de los resultados de la calificación llevada en la Etapa 3.

Etapa 8 – Debe determinarse un índice de sobreesfuerzo como el máximo cociente obtenido para cualquier elemento o sección de éste, entre las fuerzas internas solicitadas obtenidas del análisis estructural realizado en la Etapa 5 para las solicitaciones equivalentes definidas en la Etapa 4 y la resistencia obtenida en la Etapa 7.

Etapa 9 – Utilizando los desplazamientos horizontales obtenidos en el análisis de la Etapa 5 deben obtenerse las derivas de la estructura.

Etapa 10 – Debe determinarse un índice de flexibilidad por efectos horizontales como el cociente entre las derivas obtenidas en la Etapa 9 y las derivas permitidas por el Reglamento en el Capítulo A.6. Igualmente debe determinarse un índice de flexibilidad por efectos verticales como el máximo cociente entre las deflexiones verticales como el máximo cociente entre las deflexiones verticales medidas en la edificación y las deflexiones permitidas por el presente Reglamento.

INTERVENCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Etapa 11 – La intervención estructural debe definirse de acuerdo con el tipo de modificación establecida en A.10.6 dentro de tres categorías: **(a)** Ampliaciones adosadas, **(b)** Ampliaciones en altura y **(c)** Actualización al reglamento.

Etapa 12 – El conjunto debe analizarse nuevamente incluyendo la intervención propuesta, la cual debe diseñarse para las fuerzas y esfuerzos obtenidos de este nuevo análisis. El diseño geotécnico y estructural y la construcción deben llevarse a cabo de acuerdo con los requisitos que para cada tipo de modificación establece el presente Capítulo.

(...)” (COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DE DESARROLLO TERRITORIAL, 2010)

MARCO LEGAL DEL PROYECTO

El marco legal referencial del proyecto, es el siguiente:

- Ley 400 de 1997 *“Por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes.”*
- Decreto 926 de 2010, *“Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10”*
- Decreto 092 de 2011, *“Por el cual se modifica el Decreto 926 de 2010”*
- Decreto 340 de 2012, *“Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10”*
- Decreto 945 de 2017, *“Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10”*
- Decreto 1469 de 2010 *“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”.*
- Decreto 1077 de 2015, *“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.”*
- Ley 1801 de 2016, *“Por la cual se expide el Código Nacional de Policía y Convivencia”*



ALCANCE Y LIMITACIONES

El siguiente documento pretende definir la estabilidad, vulnerabilidad sísmica, posibles manifestaciones patológicas existentes y futuras que se puedan presentar, de acuerdo a la distribución y a las características geométricas de los elementos estructurales, a sus propiedades físicas y mecánicas, a los demás resultados de los ensayos y los demás datos obtenidos durante la investigación.

Una de las limitantes más relevantes del estudio adelantado, se debe a que la construcción es relativamente reciente, en razón a esto, aún no se han manifestado lesiones, que puedan ser registradas, cuantificadas y estudiadas, entonces, ¿Por qué realizar la evaluación?, si bien es cierto, que la necesidad manifestada por el propietario consiste en el afán de dar alcance a los requisitos de trámites técnico urbanísticos y que la estructura no presenta síntomas de procesos patológicos, si se logró identificar durante la visita preliminar, que algunos elementos estructurales no tenían la sección transversal requerida por las normas técnicas de construcción sismo resistente, algunos defectos durante los procesos constructivos y se especificó claramente que durante la construcción no se efectuaron controles de calidad, en virtud de lo anterior, se concluyó pertinente efectuar la evaluación de la estructura y su propuesta como paciente para el presente Trabajo Profesional Integrado, TPI.

Finalmente, otra de limitantes del proyecto, consiste en los recursos disponibles debido a que se trata de una estructura pequeña de uso residencial, no cuenta con un régimen de salvaguardia como el caso de las estructuras patrimoniales de interés cultural, por lo cual, los recursos asignados al proyecto son financiados en su totalidad por el propietario, por cuanto deben efectuarse los necesarios.

METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE

La selección del paciente inicia en la necesidad del propietario de completar los requisitos establecidos en el decreto 1077 de 2015 para reconocer la construcción, una vez realizada la visita preliminar, se logró, determinar que además del requerimiento normativo el estudio era técnicamente pertinente, debido a que se observó algunas deficiencias en las concepción de la estructura, en el cual los elementos no estructurales no se dilataron de la estructura, en dicha visita se indagó sobre los planos estructurales de la construcción, acerca de la participación de profesionales durante la construcción y el control de calidad realizado, situaciones que hicieron pertinente la realización del estudio y viable como propuesta de Trabajo Profesional Integrado

Ilustración 1: Fachada principal.



Fuente: Autor

PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

Inspección Preliminar Del Paciente

Durante la visita inicial se realizó inspección visual, se estableció un programa de laboratorios, entre los cuales se optó, por: detección del refuerzo, extracción de núcleos de concreto, Determinación del frente de carbonatación, exploración del nivel de cimentación, levantamiento arquitectónico.

Por otra parte, durante la visita se inspeccionó y se tomó registro de la condición y de las características visibles de la estructura y de sus elementos constitutivos, así: la cual se encuentra en obra gris, se observó que presenta deficiencias constructivas y problemas de diseño estructural; algunos de los problemas observados, son: la ausencia de dilatación entre los elementos no estructurales o arquitectónicos y la estructura, irregularidad de desplazamiento de los planos de acción, debido a que se decidió suprimir una columna, se presenta pases de tubería en las zonas de confinamiento y algunos de los diámetros de estas exceden las recomendaciones del reglamento de Construcción Sismo Resistente.

Se estableció con el propietario que la construcción no contó con la dirección de un profesional idóneo, no se efectuaron ensayos para determinar la calidad del concreto se coordina una entrevista con el maestro de obra del proyecto el señor miguel cortes donde se obtienen los siguientes datos

Recopilación de información necesaria para el estudio.

En razón a que, previo a la Construcción, con conto con planos de diseño estructural y hubo modificaciones a los planos arquitectónicos de la urbanización, se hizo necesario realizar planos de arquitectónicos y estructurales (*o planos “records”*), para iniciar con esta labor, se solicitó al propietario del inmueble, propender por una reunión con el personal a cargo de la construcción, que para el caso que nos ocupa, se trató del maestro de obra, la información obtenida se cotejo posteriormente con los ensayos posteriormente realizado: se recolecto la información acerca de

los procesos constructivos, materiales constitutivos, geometría y distribución y demás información relevante para el estudio.

Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información.

para recopilar la información del paciente se optó por tres fichas modelo, que expongo a continuación:

- Ficha general: En dicha ficha se encuentra definido el nombre de proyecto, localización, altura de la edificación, uso de la estructura, sistema de cimentación,
- Ficha de diagnósticos: Usualmente en esta ficha, se lleva registro, calificación, evaluación, causas más probables las lesiones presentes como se debe realizar para cualquier sintomatología, sin embargo, en el caso en específico se preverán los daños futuros basados en las características actuales del paciente, propio de una patología preventiva,
- Ficha de intervención, en ellas se consigna las intervenciones propuestas para prevenir la aparición de lesiones de acuerdo al diagnóstico realizado.

Alcances de la exploración.

Una vez realizada la visita de inspección se decide se optó por realizar el siguiente programa de laboratorio:

ENSAYO	CANT.
Inspección Visual	54
esclerometría	20
Detección del refuerzo	10
Resistencia a la compresión en núcleos de 57mm	5
Profundidad de carbonatación	7
apiques exploratorios	2

Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.

El proyecto tuvo la autorización del propietario del inmueble, el señor ORLANDO FORERO, quien requería este a fin de solicitar un reconocimiento de la estructura a raíz de los cambios realizados en la licencia original, dicha condición limitaba la posibilidad de obtener la autorización de los planos de propiedad horizontal, de acuerdo con el Decreto 1077 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.”

Es importante resaltar que, a la luz de este Decreto, una vez otorgado el reconocimiento el propietario tiene dos años para realizar las recomendaciones que permitan obtener el nivel de seguridad requerido por el Reglamento NSR-10, sin embargo, permite el reconocimiento de la estructura en este lapso de tiempo y por ende la aprobación de los planos de propiedad horizontal.

Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.

Para la realización del trabajo se designó al siguiente equipo:

- Levantamiento arquitectónico, Arq. Julián Alejandro Cortes
- Extracción de núcleos, detección de refuerzo y frente de carbonatación: Ingeniero Mario Monsalve
- Estudio geotécnico y verificación del sistema de Cimentación: Ingeniero Carlos Eduardo Torres.
- Estudio patológico y Vulnerabilidad sísmica, Autor.

Definición de los medios para realizar la exploración.

Durante el estudio se realizaron dos exploraciones, una geotécnica y otra exploración estructural, para la exploración al sistema de cimentación, la exploración se realizó: con dos ayudantes para



la realización de dos apiques y un sondeo a 6 metros de profundidad, el estudio en general está dirigido por el ingeniero Carlos Eduardo Torres, y la exploración por el líder del laboratorio Juan Carlos Sánchez, la otra exploración, se trata al sistema estructural, se realizara por el ingeniero Mario Monsalve; para este se utilizaron los siguientes equipos:

- Taladro extractor de núcleos, marca Hilti DD 130
- Detector de refuerzo marca skill
- Solución con Fenolftaleína

Medidas preventivas durante la exploración.

Durante las exploraciones realizadas, se dispuso del equipamiento siguiente:

- Protección visual
- Protección auditiva
- Casco
- Guantes de carnaza.
- Botas punta de acero.
- Carnet de ARL.

HISTORIA CLÍNICA

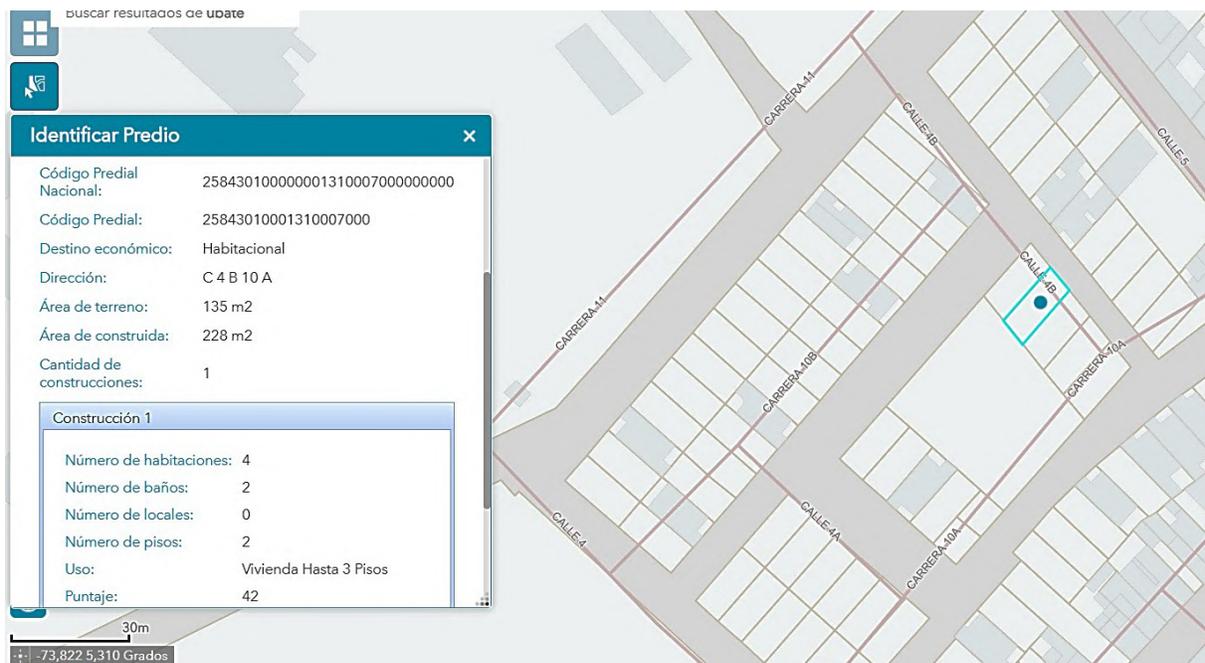
Información general del paciente.

Se trata de una estructura de tres niveles, de uso residencial – multifamiliar, se construyó en el segundo semestre de 2018, una aplicación patológica preventiva, su estructura está compuesta por muros diafragma (un pórtico resistente a momentos con un muro diafragma que restringe su desplazamiento.), el sistema de entrepiso corresponde a una placa aligerada con bloques de arcilla cocida con perforación horizontal, el espesor nominal de la placa es de 20cm, el sistema de cimentación es superficial y está constituido por zapatas superficiales, en los apartados siguientes se amplían estos datos y en la ficha general del proyecto.

Localización:

El inmueble se encuentra ubicado en el perímetro urbano del municipio de Ubaté, en la urbanización San Diego, dirección calle 4B No. 10ª-27/29.

Ilustración 2: Localización del paciente



Fuente: Geoportal, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC

Ilustración 3: Pendón Licencia De Construcción



Fuente: autor.

Descripción Sistema de cimentación:

Tipo superficial, zapatas de 1.1X1.10 cimentadas a 1.0 metro de profundidad sobre una capa de mejoramiento en recebo de 0.20 m; las vigas de cimentación cuentan con una sección transversal es cuadrada con dimensiones de punto treinta por punto treinta metros (0.30X0.30m) el fleje es de 0.23x0.23m en varilla de 3/8", se encuentran distanciados cada diez centímetros (10cm) por una distancia de un metro (1.0m) y en el centro de la luz se ubican se distancias cada quince centímetros (15cm) el acero longitudinal consta de 4 barras corridas.

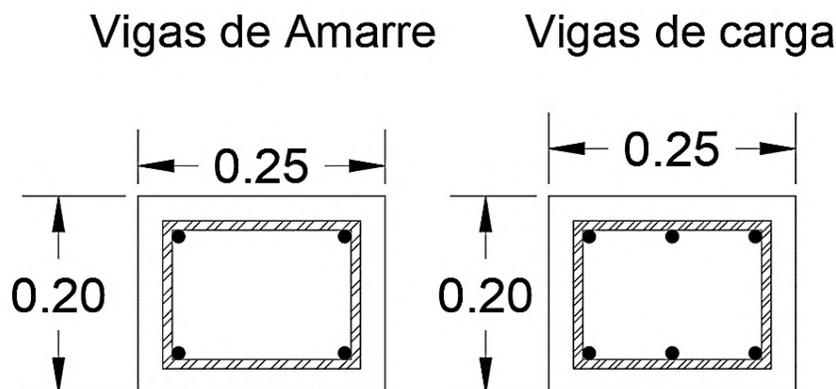
Descripción elementos estructurales

Columnas: La sección transversal de las columnas es cuadrada de 25X25cm tiene como refuerzo longitudinal seis barras de media pulgada (6#4 corridas) los flejes de dos ramas en varilla de 3/8" la dimensión es de 18 cm por 18 cm espaciados, cerca de los apoyos cada diez centímetros (s=10cm) por una distancia de un metro; en el centro de la luz se dispusieron de los mismos estribos espaciados cada quince centímetros (s=15cm), el recubrimiento de las columnas corresponde a tres punto cinco centímetros (3.5cm)

Placa de entrepiso: La losa de entrepiso es nervada en una dirección de espesor total veinte centímetros (0.20cm) de los cuales son doce centímetros (12cm) viguetas y aligeramiento y ocho centímetros (8cm) de loseta superior véase esquema, el aligeramiento es de bloque de perforación horizontal la separación entre viguetas es de sesenta centímetros, el espesor de las viguetas es de 10 cm.

Vigas: Las vigas de amarre y carga de acuerdo con lo consultado con el maestro tienen una sección transversal de 25 cm X 20 cm la colocación de los estribos se realiza cada diez centímetros (10cm) en la zona cercana a los apoyos durante 1.0 metro y en el centro de la luz cada quince centímetros (15cm) difieren en que el acero longitudinal de refuerzo consta de tres barras de media pulgada 3#4 arriba y 3#4 en la parte inferior para las vigas de carga mientras para las vigas de amarre se colocaron 2 varillas de media arriba y abajo.

Ilustración 4: Sección transversal vigas



Fuente: Autor.

Se identifican seis (6) ejes paralelos en sentido transversal y tres (3) ejes longitudinales, se adoptada la siguiente convención: en dirección transversal (eje “X”) ejes: A, B, C; y en dirección del lote eje “Y” ejes: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Características:

- Altura en número de pisos: Tres (3) pisos

- Tipo de estructura: Pórticos de concreto con muros diafragma. (no admitido para estructuras nuevas de acuerdo a los requisitos del Título A del Reglamento Colombiano de Construcción sismo Resistente)
- Estructura de Cimentación: zapatas aisladas conectadas con vigas de amarre (la conexión se realiza a la Columna no a la zarpa)
- Altura libre de piso: $H_{P1} = 2.52$ m, $H_{P2} = 2.52$ m, $H_{P3} = 2.5$ m,
- Muros divisorios en bloque de perforación horizontal espesor, $e = 12.5$ cm
- Columnas en concreto reforzado de sección transversal; $B = 25$ cm $H = 25$ cm
- Vigas en concreto reforzado $B = 25$ cm $H = 20$ cm
- Cubierta estructura metálica de cubierta
- Tejas de Eternit

Extracción De Núcleos

Es de anotar que actualmente no existe normativa o reglamento que fije un número mínimo de ensayos destructivos, aunque para el medio colombiano suele emplearse como valor típico 3 núcleos por pisos (2 columnas y una viga), sin embargo, para este proyecto se realizó una esclerometría para determinar la homogeneidad de los concretos utilizados en el proyecto a partir de la dureza superficial y de esta forma conocer la el número de probetas conveniente para estimar la resistencia promedio del concreto, como resultado de este proceso se extrajeron 5 probetas.

La extracción de probetas o núcleos estuvo a cargo del Ingeniero Mario Monsalve y se realizó de conforme a los dispuesto por la Norma Técnica Colombiana, NTC 3658, la cual establece que la longitud mínima de la muestra debe ser igual a su diámetro, en este caso los núcleos extraídos tienen un diámetro de tres pulgadas (3”), o aproximadamente 75mm por lo tanto la longitud es de igual o mayor valor, para este fin se empleó un equipo marca HILTI referencia DD130, el cual se puede apreciar en la siguiente ilustración 5.

PRUEBAS DE CAMPO

Con el fin de constatar las características estructurales actuales de la edificación se procedió a la extracción de muestras de concretos en algunos de los elementos estructurales y de chequeo superficial de refuerzos en cada piso, para este fin, se realizó un muestreo representativo y selectivo aplicando los siguientes criterios:

- Seleccionar elementos en áreas cuya toma de muestra no interfiera con las áreas de trabajo definidas o con actividades propias del uso del edificio
- Seleccionar elementos dispersos con respecto a la planta y a la alzada arquitectónica
- Seleccionar elementos que, por inspección visual, esté comprometida su resistencia
- Seleccionar elementos tanto internos como expuestos a la intemperie

Se toma un total de cinco (5) núcleos para determinar la resistencia de los concretos, distribuidos de la siguiente manera:

Ilustración 5: Equipo de extracción de probetas



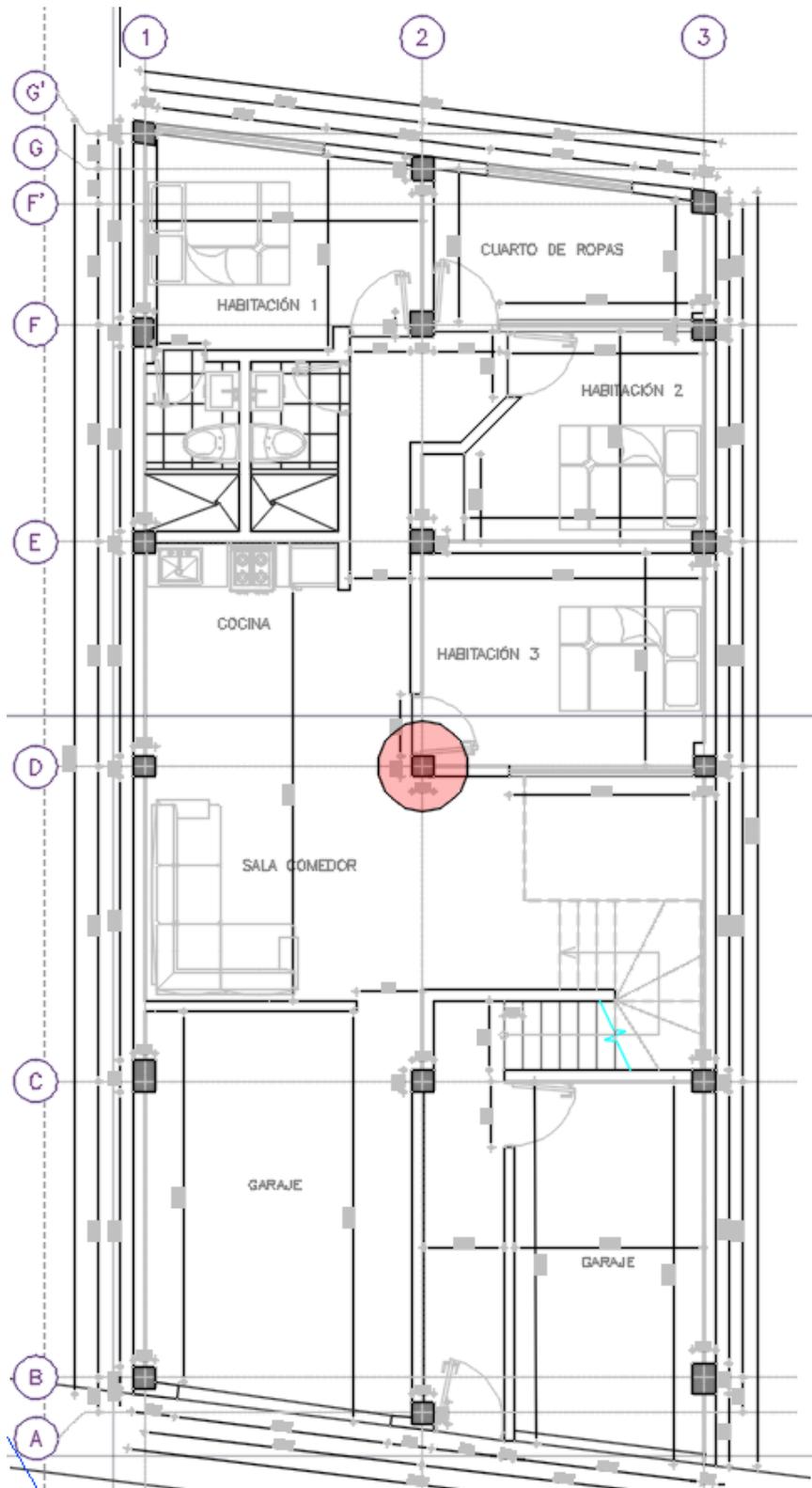
Fuente: tomada Ingeniero Mario Monsalve

Ilustración 6: broca utilizada para la extracción de broca



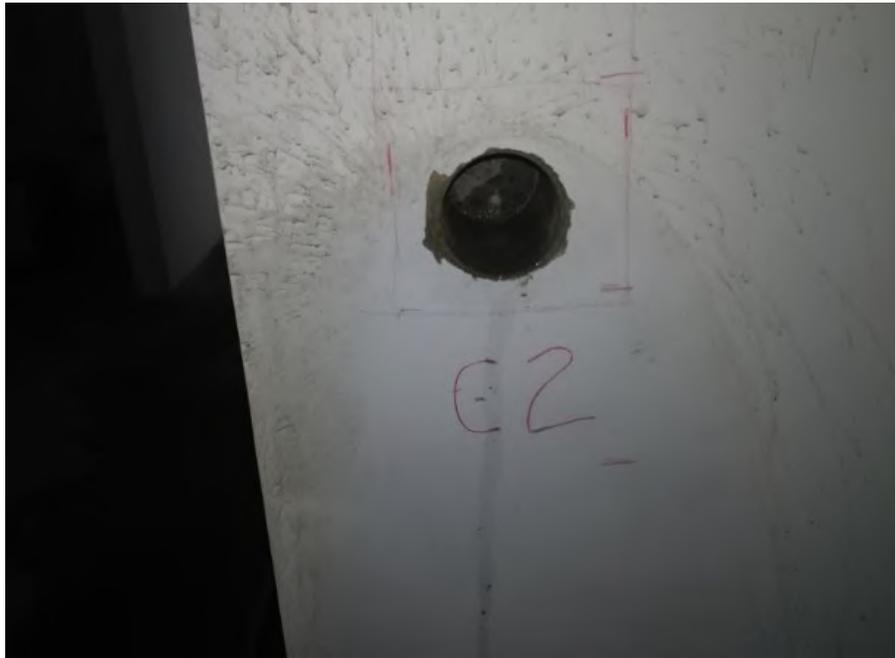
Figura: tomada Ingeniero Mario Monsalve

Ilustración 7: Planta arquitectónica de referencia primer piso



Fuente: autor, base cartográfica levantamiento arquitectónico del proyecto

Ilustración 8: perforación muestra C2



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 9: Fotografía panorámica perforación muestra C2



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 10: probeta C2 P1 elemento D2 P1



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 11: Fotografía perforación probeta B2 P2



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 12: Fotografía panorámica perforación de la probeta B2P2



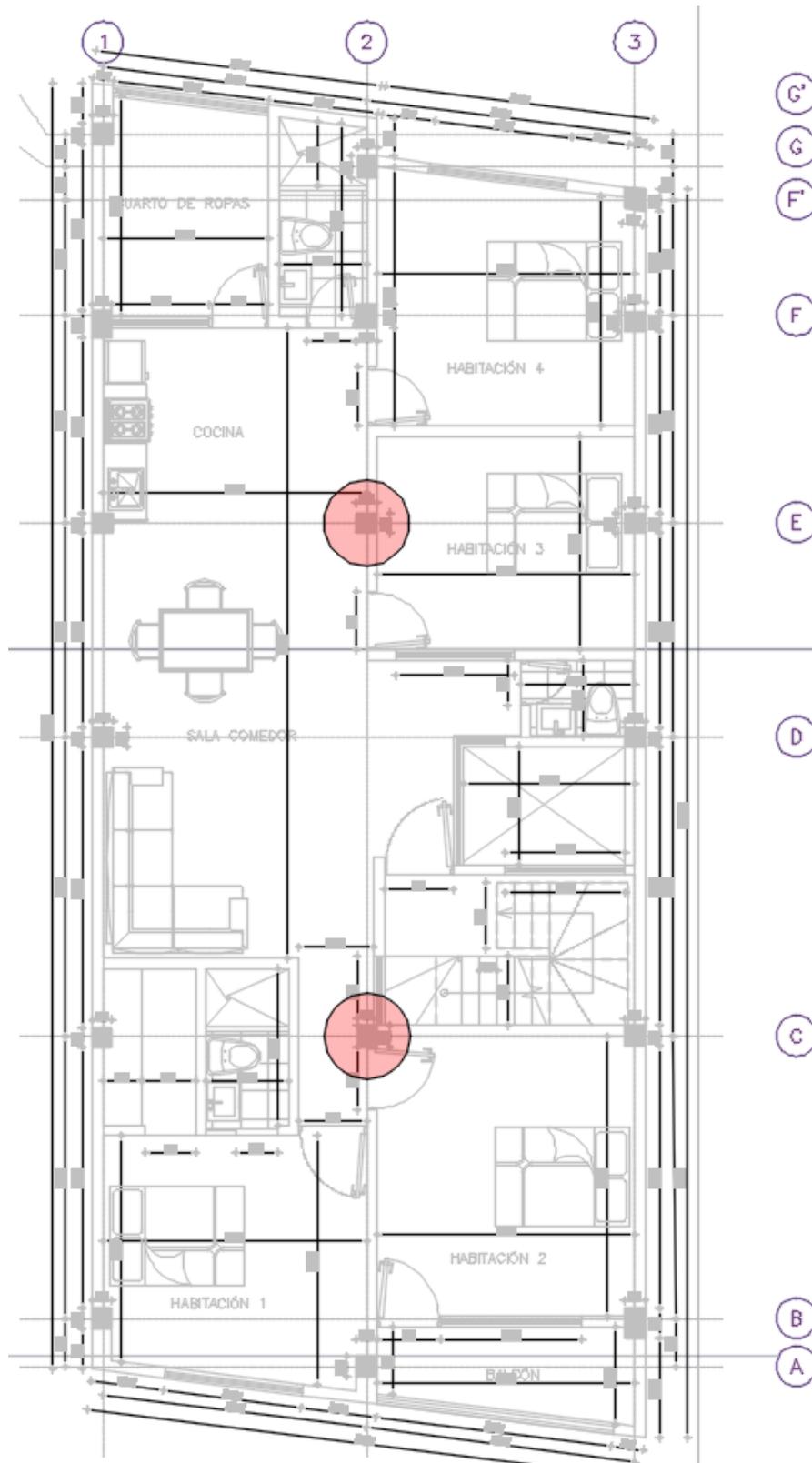
Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 13: probeta B2-P2



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 14: Localización de extracción de probetas segundo nivel



Fuente: autor, base cartográfica levantamiento arquitectónico del proyecto



Ilustración 15: fotografía perforación columna D2-P2



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 16: fotografía panorámica elemento perforación D2-p2



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 17: probeta D2P2



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 18: Fotografía perforación probeta A2P3



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 19: Fotografía panorámica perforación probeta A2P3



Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 20: Probeta o núcleo A2P3



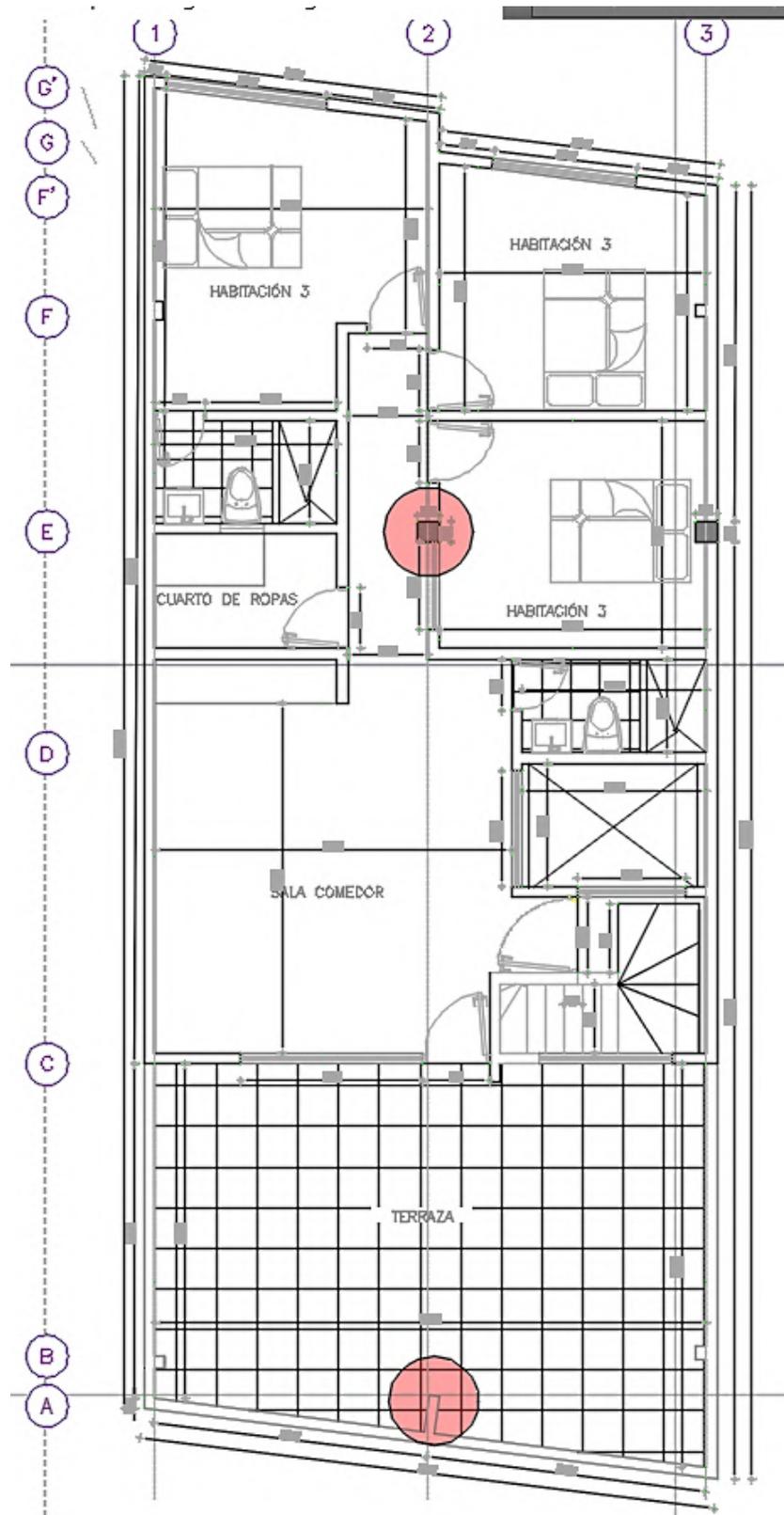
Fuente: Tomada ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 21: muestras extraídas para determinar la resistencia a compresión promedio de la estructura.



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 22: Localización de extracción de probetas tercer nivel



Fuente: autor, base cartográfica levantamiento arquitectónico del proyecto

Tabla 1: resistencia a la compresión de núcleos extraídos.

Página 1

CONTROLAR INGENIERIA LTDA

Control de Calidad en Suelos y Concretos
Nt. 805,008,748-7

RESISTENCIA A COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO
NORMA NTC 3658

OBRA: Edificio 3 Pisos Ubaté Cundinamarca				CLIENTE: Mario Monsalve y Cia S.C.S.				ATENCION: Ing. Mario Fernando Monsalve			
FECHA DE TOMA: Enero 19 2019			FECHA DE ENSAYO: Febrero 4 2019				CODIGO: 3810		INFORME - CN-001		

NUCLEO No.	LOCALIZACION	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	RELACION H/D	CORRECCION POR ESBELTEZ	DESCRIPCION				CARGA (KN)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm ²)
									Porosidad Superficial	Distribución del agregado	Tamaño máx. agregado	Textura Superficial		
1	Columna A2-P1	5.7	4.8	25.52	258	2.106	0.84	*	Media	Regular	½*	Rugosa	18.9	66
2	Columna A3-P3	5.7	7.5	25.52	398	2.080	1.32	0.938	Media	Regular	½*	Rugosa	37.6	141
3	Columna C2-P1	5.7	7.0	25.52	354	1.982	1.23	0.925	Media	Regular	3/8*	Rugosa	28	103
4	Columna B2-P2	5.7	6.6	25.52	338	2.007	1.16	0.908	Media	Regular	3/8*	Rugosa	26.8	97
5	Columna D2-P2	5.7	8.0	25.52	428	2.097	1.40	0.948	Media	Regular	3/8*	Rugosa	35.3	134

OBSERVACIONES: 1. Los núcleos fueron tomados y traídos directamente por el cliente.
2. El nucleo # 1 no cumple con la relación del esbeltez.

Nicolas Gonzalez
Realizó

Ingeniero. Alejandro Guzmán Duque
Gerente

Fuente: Reporte de laboratorio CONTROLAR INGENIERÍA LTDA

Análisis de resistencia a la compresión de los núcleos extraídos.

El ensayo y análisis de las probetas extraídas de la edificación de tres pisos ubicada en el municipio de Villa de San Diego de Ubaté, hace parte de las pruebas de campo para determinar la calidad de los concretos que servirá de punto de partida para el estudio de vulnerabilidad que se realizará posteriormente

NOTA: Para el análisis de las muestras en el laboratorio, estas se someten a una preparación correspondiente al corte a máquina en sus extremos con el fin garantizar la ortogonalidad de las caras y de las cargas con respecto al eje de la muestra.

Al analizar los resultados arrojados por el laboratorio al someter las muestras a la prueba de compresión se puede concluir lo siguiente:

- Se tomaron un total de siete (7) núcleos de concreto
- Se descartaron dos (2) muestras por su tamaño para la prueba de compresión, pero se usaron para la prueba de carbonatación.
- Se sometieron al ensayo de compresión un total de cinco (5) muestras
- La columna A2-P1 arrojó un resultado de 66 kg/cm^2 , Sin embargo, esta muestra no cumple con la relación de esbeltez mínima ($\text{alto/diámetro} > 1$), por lo tanto, su resultado no será tenido en cuenta.
- De las cuatro muestras restantes el valor más bajo es de 97 kg/cm^2 correspondiente a la columna B2-P2
- De las cuatro muestras restantes el valor más alto es de 141 kg/cm^2 correspondiente a la columna la columna A2-P3
- El valor promedio de los cuatro valores representativos es de 118.75 kg/cm^2 muy por debajo del valor mínimo de diseño para concretos (210 kg/cm^2) correspondiendo al 56% de este último
- El tamaño de los agregados oscila entre $3/8''$ y $1/2''$ lo cual es adecuado en relación con las secciones de las columnas y su distribución se puede clasificarse como media lo cual está dentro de un valor promedio cuando debería ser alta.
- La densidad oscila entre 1982 y 2080 kg/cm^3 que se considera baja pues el valor de referencia es 2300 kg/cm^3 . Esta variable nos indica que en general los concretos

estuvieron una relación de cemento mayor a 0.5 lo que significa que o faltó cemento o hubo exceso de agua lo que afectó la densidad

- Los valores promedio de la resistencia a la compresión serán datos de entrada para la modelación de las estructuras.
- En conclusión, del ensayo a compresión de los núcleos arrojaron valores por debajo del mínimo permitido 85% del $F'c = 0.85 * 210 = 180 \text{ kg/cm}^2$.

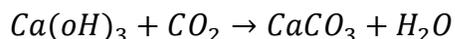
Resultados detección del refuerzo.

Se realizó el escaneo para detectar la localización de las barras con el fin de evitar el corte de las mismas y comprometer la seguridad de la edificación. Para ello se empleó un dispositivo electrónico, que a pesar de su mediana precisión cumplen con el fin para la toma de las muestras.

6.3.3 CARBONATACIÓN

La carbonatación, de acuerdo a el ingeniero Diego Sanchez de Guzmán “es un tipo particular de reacción ácida, pero de gran importancia para la determinación de la durabilidad de estructuras de concreto. Se debe a la penetración por difusión del dióxido de carbono (CO_2), del aire atmosférico o del suelo, en la estructura porosa de la superficie del concreto. El proceso origina los siguientes fenómenos:

- El Gas carbónico se disuelve en algunos de los poros y reacciona con algunos de los componentes alcalinos de la fase acuosa del concreto produciendo ácido carbónico.
- El ácido carbónico, convierte el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, liberado y depositado en los poros durante la hidratación del cemento (conocido como la cal libre del cemento), en carbonato de calcio (CaCO_3) y agua. La reacción tiene la siguiente forma:



- Ocurre un descenso significativo del pH en la capa superficial del concreto (su valor usual de 13, baja hasta valores del orden de 9), y al perder su basicidad deja de ser un elemento protector de la corrosión del acero de refuerzo, es decir, a medida que avanza la

penetración de la carbonatación, conocida como frente de carbonatación, se pierde el efecto de capa pasivadora que tiene el recubrimiento del concreto.

- Tiene lugar una retracción adicional en el concreto (como consecuencia de la disminución que Da en el volumen de la pasta de cemento), conocida como retracción por carbonatación. Esta contracción adicional, se suma a la contracción por secado.”

los elementos sometidos al análisis de carbonatación en sitio y a la toma de muestras alteradas se les practico la prueba de Carbonatación con el fin de establecer la calidad de los concretos a partir del contenido de humedad encontrada en los mismos y su incidencia en los aceros de la estructura.

Determinación de la Carbonatación

El ensayo: El método empleado es el de vía húmeda con solución de indicador ácido-base, fenolftaleína. El ensayo se realizó sobre núcleos de 2 pulgadas de diámetro y una profundidad media aprox. de 10 cm. Sobre la superficie de las probetas se determinó la profundidad de carbonatación. Se realizo la prueba de carbonatación sobre los cinco núcleos para medir la resistencia y adicionalmente en dos núcleos más para complementar la prueba de carbonatación.

Ilustración 23: Ensayo de carbonatación en la probeta D2P2



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 24: Ensayo de frente de carbonatación probeta B2P2



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 25: Ensayo de frente de carbonatación probeta A2-P3



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 26: Ensayo de frente de carbonatación núcleo C2-P1



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 27: Ensayo de frente de carbonatación D2 P1



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 28: Ensayo de carbonatación muestra C2-P2



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Ilustración 29: Ensayo de frente de carbonatación muestra B1 P1



Fuente: tomada por el ingeniero Mario Monsalve.

Una vez obtenido los valores del frente de carbonatación se procede a, estimar la vida útil residual de la estructura, a la penetración por difusión del dióxido de carbono, hasta el acero de refuerzo, generando corrosión de éste y en consecuencia reduciendo la capacidad de resistencia del elemento y la estructura en general, véase tabla 2,

Tabla 2: cálculo de vida útil residual a partir del frente de carbonatación

Estimación de vida residual a partir del Frente de Carbonatación

$$x = k\sqrt{t}$$

Donde;

x; Profundidad del frente de carbonatación en mm,

k: coeficiente de carbonatación.

t: Tiempo transcurrido en años.

Fecha de inicio de la construcción	5/06/2018
Fecha de ensayo	19/01/2019
edad de la construcción	0.62

MUESTRA	x(mm)	T (años)	k	Recubrimiento (mm)	Tr, residual (años)
D2P2	4.09	0.62	5.17	40	59.75
B2P2	5.14	0.62	6.50	40	37.88
A2P3	0.1	0.62	0.13	40	99945.21
C2 P1	4.2	0.62	5.31	40	56.66
A2P1	3.6	0.62	4.55	40	77.12
C2P2	0.3	0.62	0.38	40	11105.02
B1P1	9.7	0.62	12.27	40	10.62
Tiempo residual promedio. (años)					48.40

Fuente: Autor

A partir, de los datos se estimó la vida útil residual de la estructura en 48.4 años, tiempo en el cual se presume el dióxido de carbono, (CO₂) alcanza el acero de refuerzo, iniciando el proceso de corrosión del acero de refuerzo, generando la pérdida de resistencia del elemento y por ende de la estructura.

De las siete (7) muestras analizadas con la solución de fenolftaleína, cinco (5) muestras presentan frentes de carbonatación considerables, mientras, que, las otras dos (2), registran valores muy bajos o nulos, atribuyo esta diferencia, a dos condiciones específicas, que son: la primera, la heterogeneidad de las propiedades del concreto, utilizado en la construcción de los elementos estructurales analizados, esencialmente de la permeabilidad del concreto, y; dos el grado de exposición del elemento (elemento expuesto a la intemperie o interno)

El rango de frente de carbonatación de las muestras representativas oscila entre 3.6 a 9.7mm

NOTA: Debido a la variabilidad de los datos se recomienda realizar calas adicionales en un término de 5 años y verificar la vida útil residual.

EXPLORACIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Se efectuaron dos apiques exploratorios localizados en la columna C3 sobre la fachada lateral derecha (occidental) y la columna E1 en el costado izquierdo (oriental), a fin de conocer la distribución de suelo a profundidad se realizó adicionalmente un sondeo al costado (occidental) de profundidad seis metros (6.0). véase **anexo 3**

Tabla 3: Perfil del estratigráfico promedio del subsuelo

Profundidad	Descripción
0.00m - 0.90/1.20m	Nivel de relleno antrópico compuesto de material de construcción, escombros, basura y deletéreos.
0.90/1.20m - 2.00m	Arcilla de alta plasticidad con arena CH, de color café oscuro. Con evidencia de oxidación
2.00m - 6.20m	Arena arcillosa SC con intercalaciones de arcillas de baja plasticidad CL, de color café claro y vetas grises.

Fuente: Estudio geotécnico, ingeniero Carlos E. Torres.

Ilustración 30: Fotografía localización de apique de exploración



Fuente Autor

Ilustración 31: Fotografía localización de viga de amarre a nivel de cimentación



Fuente: Autor

Ilustración 32: Fotografía apique #2



Fuente: autor

En dicho apique se evidencia que la cimentación existente corresponde a zapatas en concreto unidas entre si con vigas de cimentación en concreto con las siguientes dimensiones

- Dimensión zapata Largo: 1.10m, ancho: 1.10m espesor, 0.30m
- Sección viga cimiento: 0.30mx0.30m
- Profundidad de la zapata medida desde el contrapiso: 1.10 m

Se aprecia que las zapatas se apoyan sobre un relleno en recebo común de espesor 20 cm y que después de la fundición de la zapata se empleó relleno con material seleccionado

Se evidencia, por la dureza de la excavación del apique el grado de compactación del terreno el cual es inadecuado, sin embargo, se aduce al lindero del lote.

Ilustración 33: Verificación de dimensiones en apique exploratorio



Fuente: Informe laboratorio.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA:

INFORMACIÓN PRELIMINAR

Etapas 1 – Debe verificarse que la intervención esté cubierta por el alcance dado en A.10.1.3.

Una vez revisado el alcance del estudio se conceptuó que el proyecto se encuentra en el alcance descrito por los artículos A.10.1.3.3 – Vulnerabilidad Sísmica y A.10.1.3.5 – Reforzamiento estructural, Así:

“A.10.1.3.3 – Vulnerabilidad sísmica – los criterios presentados en este Capítulo se pueden utilizar en el diagnóstico y evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes antes de la vigencia de la presente versión del reglamento.

A.10.1.3.4 – (...)

A.10.1.3.5 – Reforzamiento estructural – Los requisitos del capítulo A.10 y en especial los de A10.9. deben ser empleados en actualización y rehabilitación sísmica de edificaciones existentes”

Etapa 2 – Debe recopilarse y estudiarse la información existente acerca del diseño geotécnico y estructural, así como del proceso de construcción de la edificación original y sus posteriores modificaciones y deben hacerse exploraciones en la edificación, todo esto de acuerdo con A.10.2.

Descripción de la estructura:

Vivienda en pórticos de concreto de 3 niveles de altura, entrepiso en losa aligerada con nervios en una dirección, cimentada sobre zapatas de concreto reforzado, las particiones se encuentran construidas en bloque No. 5 estriado de perforación horizontal.

Etapa 3 – CALIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Con base en las características antes descritas y al criterio personal se adopta un valor de 0.8 para las los coeficientes que valoran la calidad del diseño y la construcción del proyecto, con base en la Tabla A.10.4-1 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR – 10

Tabla 4: coeficiente de evaluación de calidad del diseño y la construcción

Tabla A.10.4-1
Valores de ϕ_c y ϕ_e

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR – 10.

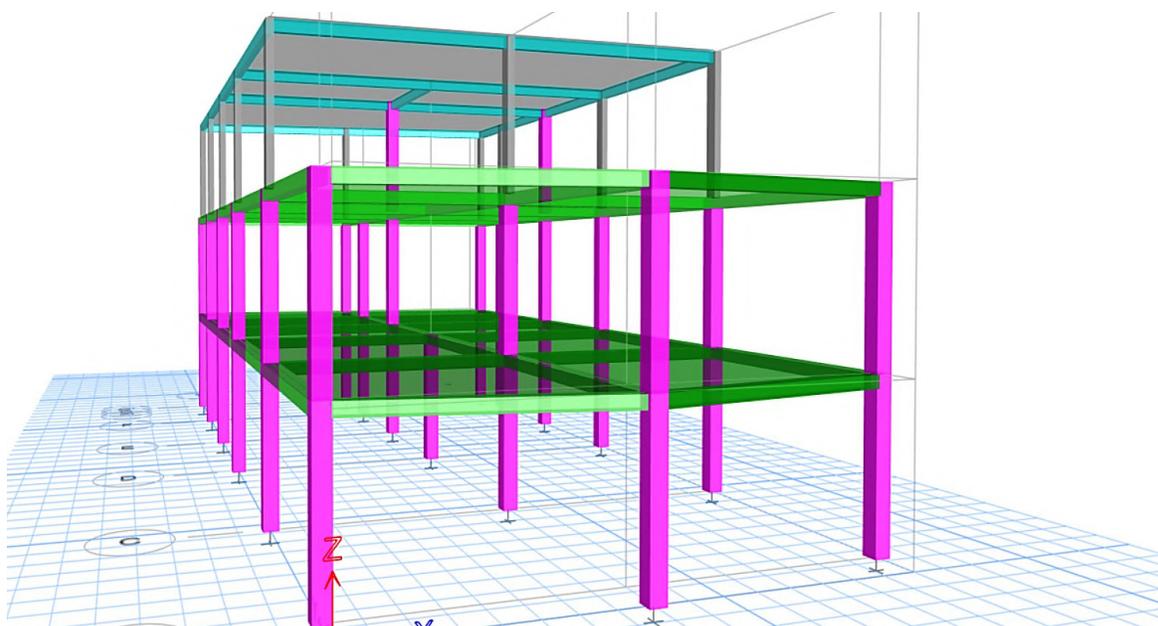


EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Etapa 5 – Debe llevarse a cabo un análisis elástico de la estructura y de su sistema de cimentación para las solicitaciones equivalente definidas en la Etapa 4.

En el **Anexo 2**, expone el modelo matemático elaborado a partir de Etabs, con las propiedades mecánicas y físicas de los materiales constitutivos.

Ilustración 34: Vista isométrica del modelo matemático realizado en el programa ETABS



Fuente: Autor

Etapa 4 – Deben determinarse unas solicitaciones equivalentes de acuerdo con los requisitos de A.10.4.2.

Solicitaciones a cargas verticales

“4.1. Cargas Muertas

La carga muerta cubre todas las cargas de elementos permanentes de construcción incluyendo su estructura, los muros, pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y todas aquellas cargas que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación.” (COLOMBIA.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DE DESARROLLO TERRITORIAL, 2010)



Tabla 5: *avaluó de cargas verticales*

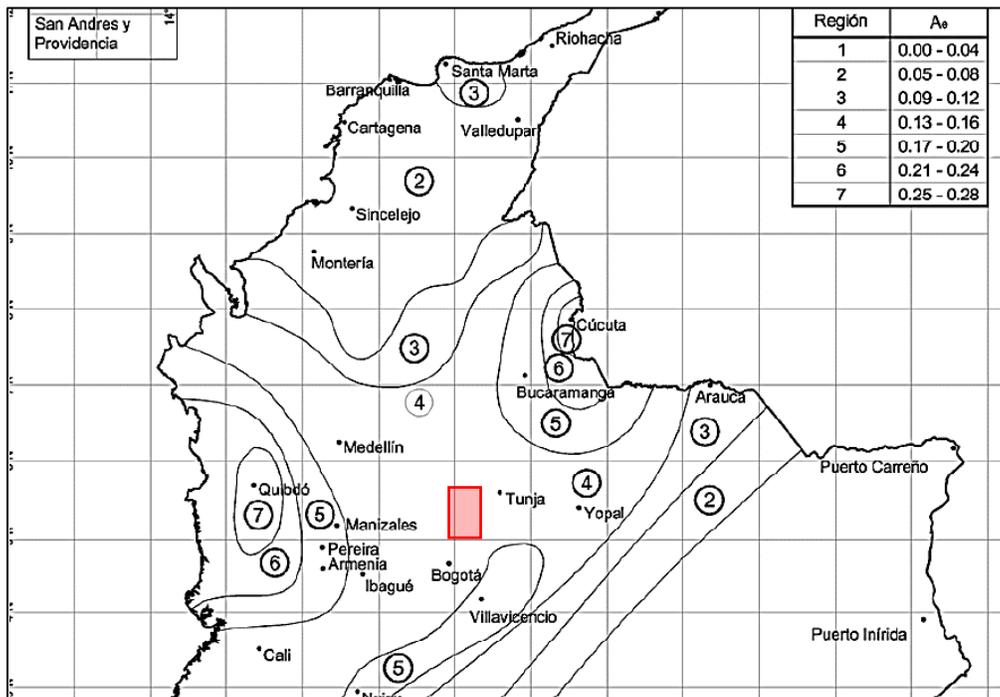
AVALUÓ DE CARGAS ENTREPISO FAMILIA FORERO							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Altura o espesor (m)	Ancho o base (m)	Largo (m)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad (Kg/m ²)	Total
1	Loseta superior	0.08	0.60	1.00	2400		115.20
2	Viguetas	0.12	0.10	1.00	2400		27.60
3	Acabado final	1.00	1.00	1.00		110	110.00
4	Aligeramiento en bloque	0.12	0.60	1.00		76	45.57
5	Particiones	1.00	0.60	1.00		300	180.00
6	Afinado	0.03	0.60	1.00	2200		33.00
						Peso X vigueta (Kg/m ²)	511.37
						Peso X placa (Kg/m ²)	852.28
						Peso X placa (KN/m ²)	8.36
AVALUÓ DE CARGAS CUBIERTA FAMILIA FORERO							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Altura o espesor (m)	Ancho o base (m)	Largo (m)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad (Kg/m ²)	Total
1	láminas de cubierta en Asbesto	1.00	1.00	1.00		20	20.00
2	estructura de soporte	1.00	1.00	1.00		20	20.00
							40
						Peso X Cub (KN/m ²)	0.39

OBTENCIÓN DE AMENAZA SÍSMICA Y LOS VALORES Ae

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Villa de San Diego de Ubaté, en zona de amenaza sísmica intermedia, Véase ilustración 34, además el perfil de subsuelo corresponde a perfil E, según el estudio geotécnico que corresponde al Anexo 3, para el cual se tienen los siguientes valores, de coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos debida a los efectos de sitio, adimensional ($F_a = 2.1$), y el coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios ($F_v = 3.2$)

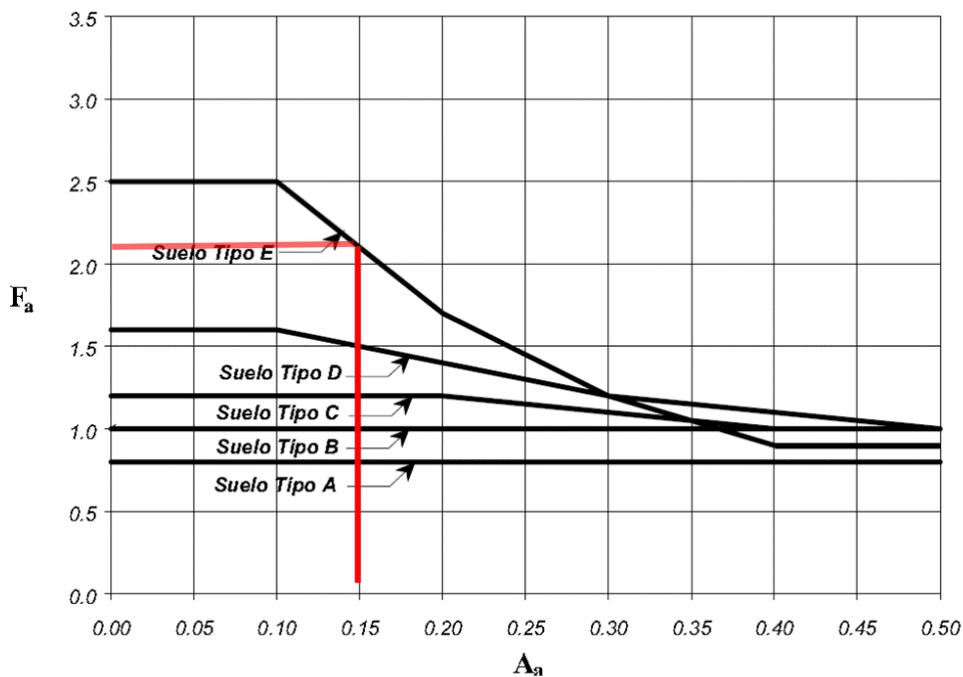
Se puede apreciar, que, existe una disparidad en el reglamento -NSR -10, respecto al coeficiente Ae, entre el apéndice A-4 “Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos” y la figura A.10.3-1 – “Mapa de valores Ae”, para el caso en específico del municipio de Ubaté, el primero de los apartes sugiere un valor de $A_e = 0.08$ mientras, que para el caso del mapa el municipio se encuentra en la región N° 4 para la cual propone un rango de valores entre 0.13-0.16, para este trabajo se adopta el siguiente criterio, pese a que el citado apéndice no lo especifica, la mayoría del reglamento prescribe valores mínimos o máximos según sea el caso, permitiendo al consultor y/o constructor adoptar valores superiores o inferiores, siempre en pro de la seguridad, en este sentido, se adoptó un valor de $A_e = 0.13$, que es un valor intermedio y razonable, que prepondera la seguridad de la evaluación sin desatender el ámbito económico

Ilustración 35: Mapa valores de amenaza sísmica, para movimientos con seguridad limitada



Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR – 10.

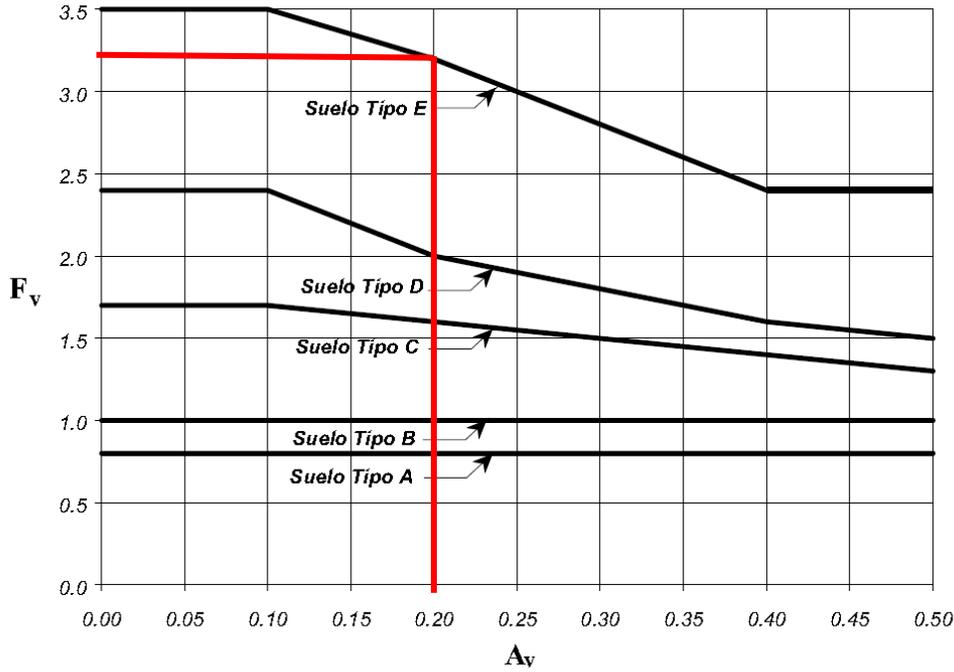
Ilustración 36: coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos debida a los efectos de sitio, F_a



Fuente: Figura A.2.4-1 Ibidem.



Ilustración 37: coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios ($F_v=3.2$)



Fuente: Figura A.2.4-2 Ibidem

Ilustración 38: espectro elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

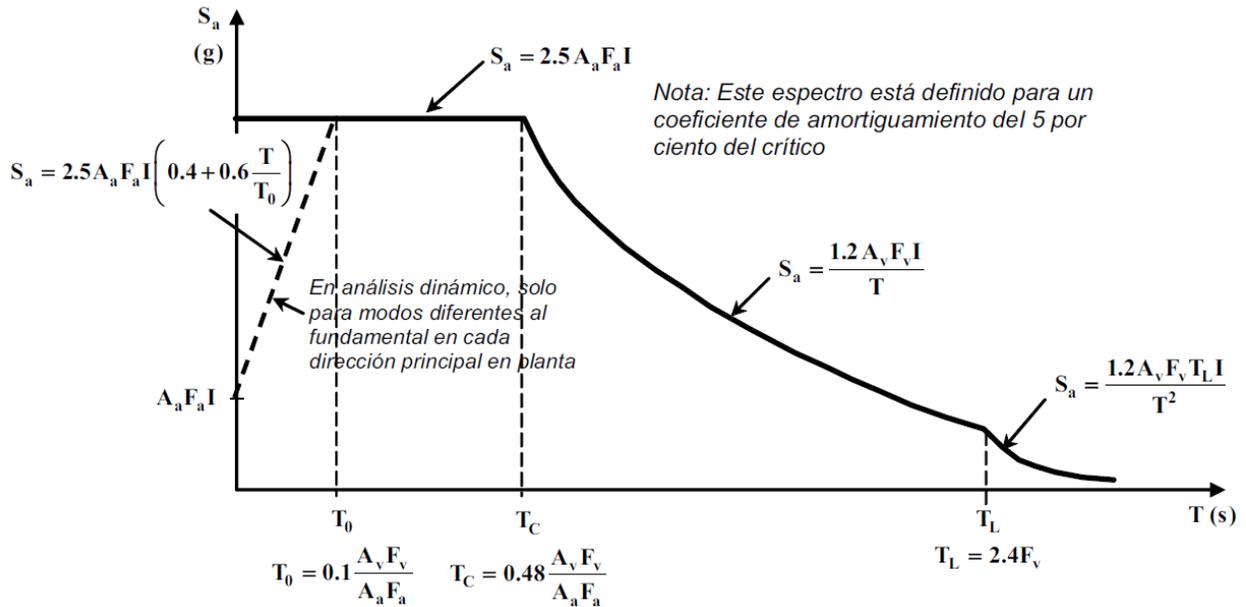


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

1.1. Grupo de uso

La estructura es para uso comercial y residencial, no se encuentra definida dentro de los grupos de uso IV, III, II, por lo que se clasifica como grupo de uso I.

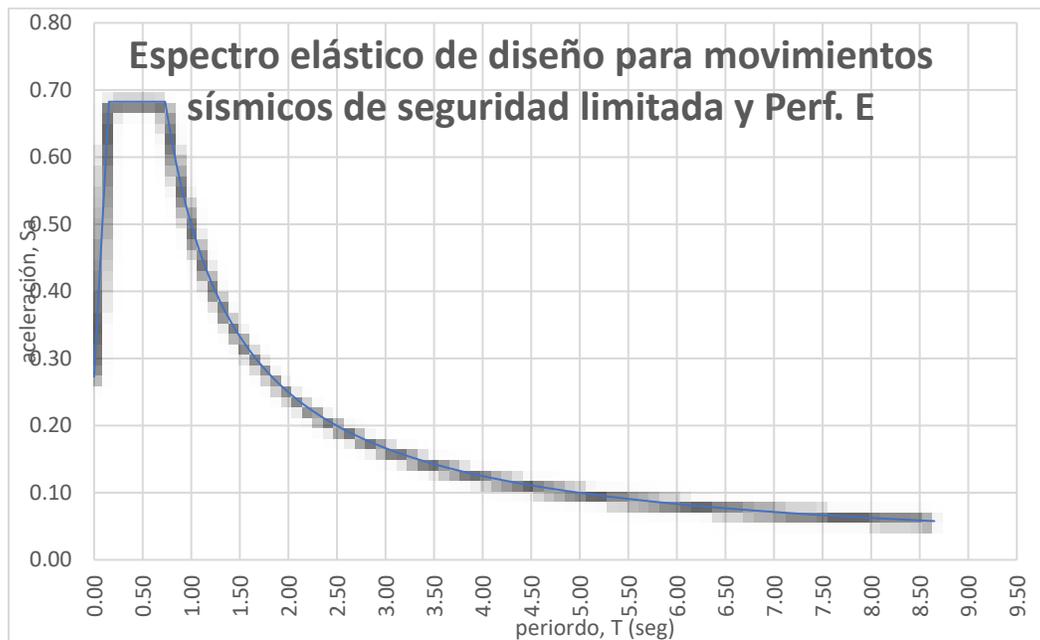
Tabla 6: valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: tabla A.2.5-1. Ibidem

Con los parámetros antes definidos, se obtiene el siguiente espectro de diseño, para fuerzas sísmicas de seguridad limitada.

Ilustración 39: Espectro para evaluación de estructuras con movimientos sísmicos de seguridad limitada y perfil de suelo tipo E



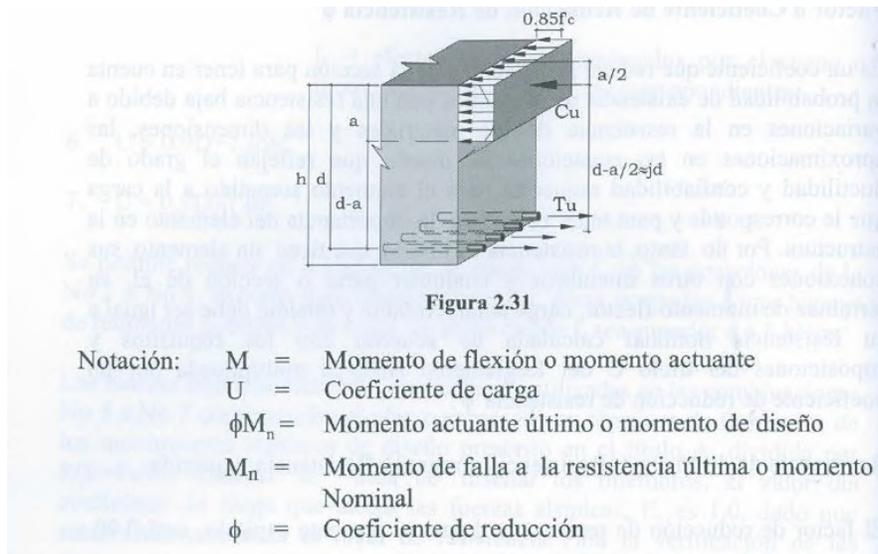
Fuente Autor

Etapa 6 – la resistencia existente de la estructura debe determinarse utilizando los requisitos de A.10.4.3.3.

Resistencia a flexión de vigas

La resistencia de los elementos tipo vigas a flexión y córtate se estima mediante la expresión

Ilustración 40: Grafico deducción de ecuaciones método de la resistencia.



Fuente: Diseño de estructuras de concreto, Jorge Segura Franco

1. Equilibrio de fuerzas:

$$C = T$$

$$0.85f'_c(b)(a) = (A_s)(f_y) = \rho b d f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{\rho d f_y}{0.85 f'_c}$$

2. Equilibrio de momentos

$$M_n = (C \text{ ó } T) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = \rho b d f_y \left(d - \frac{0.5 \rho d f_y}{0.85 f'_c} \right)$$

Resistencia al cortante de vigas

La resistencia a cortante de las vigas se realizó de acuerdo al capítulo C.11. – Cortante y Torsión

$$\phi V_n = V_u$$

Donde, la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto, V_c y la resistencia nominal al cortante proporcionada por el acero, V_s .

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = 0.17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \therefore V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$$

Resistencia de columnas

La resistencia de las columnas se obtuvo de acuerdo mediante el software de diseño, con base en el cual creamos los diagramas de iteración de las dos secciones de columnas existentes, posteriormente localizamos para cada combinación de diseño prescritos en el reglamento las solicitaciones de momentos y cargas axial, como se aprecia a continuación:

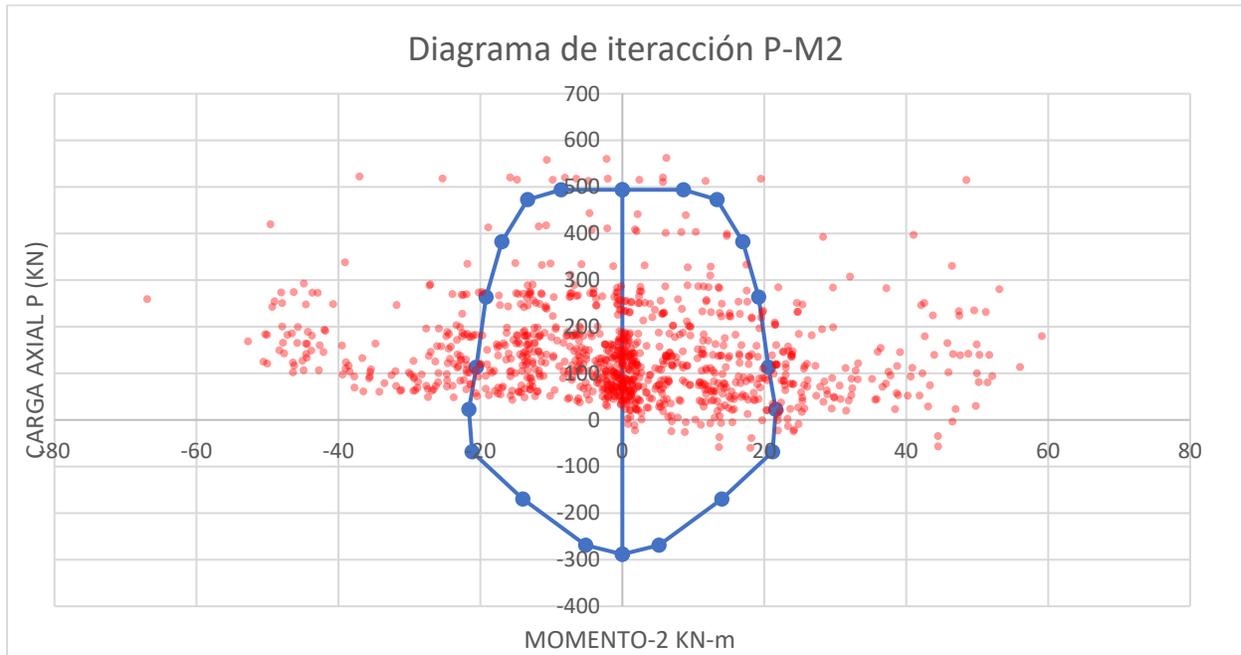
Tabla 7: Datos de Diagrama de iteración columnas de sección 25X25

Diagrama de iteración columna 25X25			
ítem	P (KN)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
1	493.9351	0	0
2	493.9351	8.6126	10.1472
3	472.8034	13.3415	15.2382
4	382.3934	16.9736	19.4534
5	263.7415	19.202	22.3324
6	113.1033	20.5808	24.7063
7	22.6219	21.6158	25.9342
8	-68.4049	21.1718	25.323
9	-169.7254	14.0182	16.2998
10	-268.8349	5.1653	5.1653
11	-288.2448	0	0
12	493.9351	0	0
13	493.9351	-8.6126	-10.1472
14	472.8034	-13.3415	-15.2382
15	382.3934	-16.9736	-19.4534
16	263.7415	-19.202	-22.3324
17	113.1033	-20.5808	-24.7063
18	22.6219	-21.6158	-25.9342
19	-68.4049	-21.1718	-25.323
20	-169.7254	-14.0182	-16.2998
21	-268.8349	-5.1653	-5.1653
22	-288.2448	0	0

Fuente: autor.

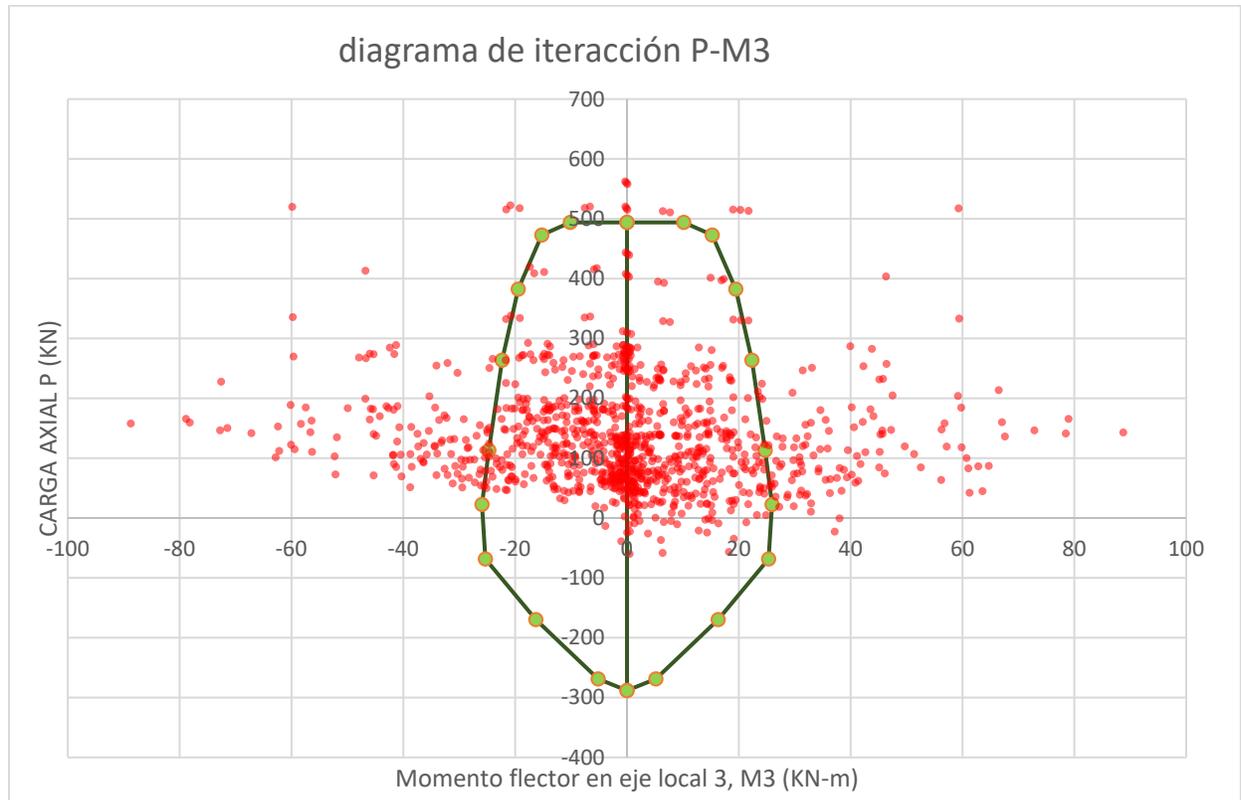


Ilustración 41: Grafico carga axial momento en dirección 2 (P- M2)



Fuente: Autor.

Ilustración 42: Grafico carga axial momento en 3 (P-M3)



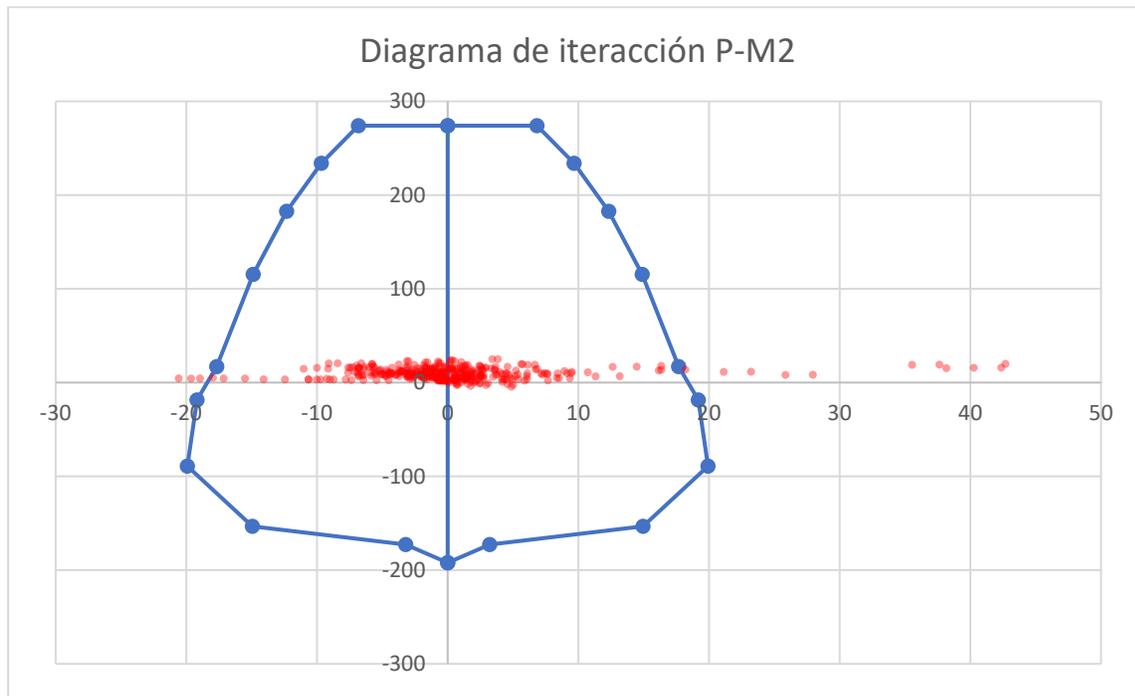
Fuente: Autor

Tabla 8: datos diagrama de iteración columnas 12.5x25

Diagrama de iteración columna de 12.5X25			
ítem	P (KN)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
1	274.0401	0	0
2	274.0401	6.8326	-2.2239
3	233.8916	9.6724	-3.3897
4	182.6868	12.3255	-4.1236
5	115.4381	14.884	-4.5484
6	17.0553	17.675	-4.753
7	-18.5606	19.1825	-4.6662
8	-89.1171	19.9206	-3.8705
9	-153.3134	14.9471	-2.0993
10	-172.7383	3.2138	-1.1318
11	-192.1632	0	0
12	274.0401	0	0
13	274.0401	-6.8326	2.2239
14	233.8916	-9.6724	3.3897
15	182.6868	-12.3255	4.1236
16	115.4381	-14.884	4.5484
17	17.0553	-17.675	4.753
18	-18.5606	-19.1825	4.6662
19	-89.1171	-19.9206	3.8705
20	-153.3134	-14.9471	2.0993
21	-172.7383	-3.2138	1.1318
22	-192.1632	0	0

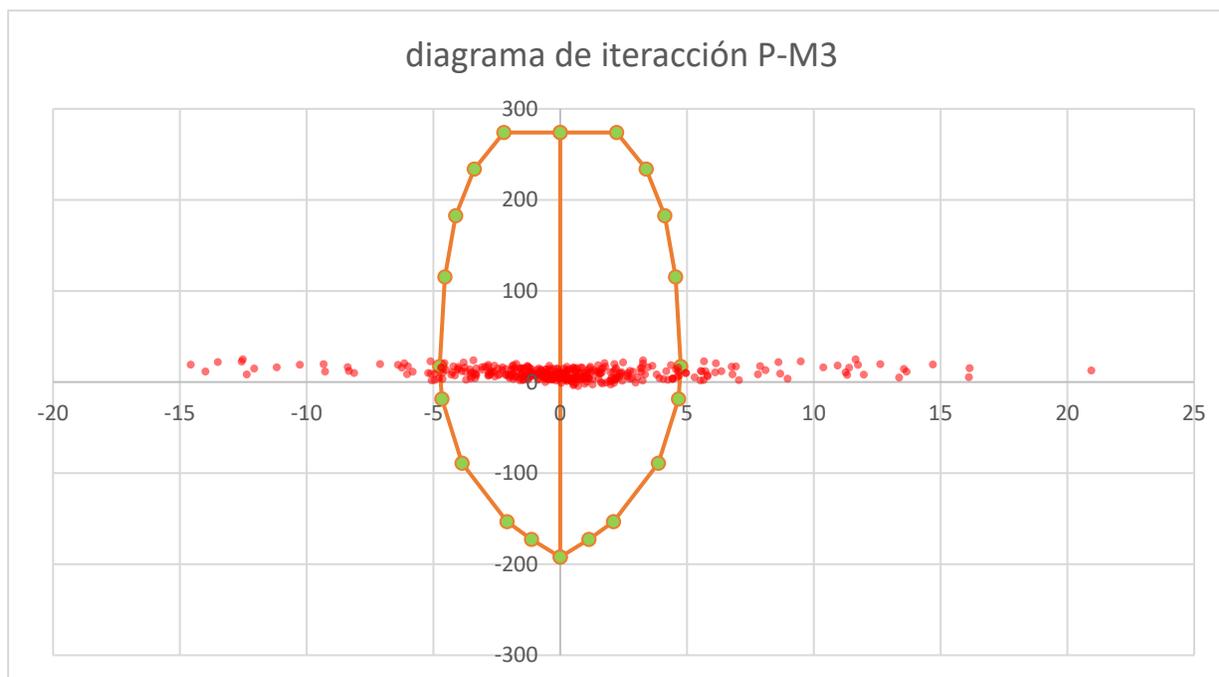
Fuente: Autor

Ilustración 43: diagrama de iteración C 12.5X25 carga axial, P, Momento en local 2



Fuente: Autor

Ilustración 44: Diagrama de iteración columnas 12.5X25, carga axial, P, Momento en eje local 3



Fuente: Autor.

La evaluación realizada, expresa claramente que existen solicitaciones reglamentarias (combinaciones de carga prescritas en el Reglamento NSR -10 para la evaluación del comportamiento sísmico), que exceden el diagrama de iteración, es decir, que sin considerar la participación de los elementos no estructurales (participación que en eventos sísmicos es nociva)

Etapas 7 – Determinación de la resistencia efectiva e índices de sobreesfuerzo de la estructura.

Para cada elemento, que se determinó la resistencia existente suministrada, esta debe afectarse por los coeficientes obtenidos en la etapa 3 los cuales valoran la calidad del diseño y de la construcción, además del estado actual de la estructura, véase anexo 2

Etapas 8 – Debe determinarse un índice de sobreesfuerzo como el máximo cociente obtenido para cualquier elemento o sección de éste, entre las fuerzas internas solicitadas obtenidas del análisis estructural realizado en la Etapa 5 para las solicitaciones equivalentes definidas en la Etapa 4 y la resistencia obtenida en la Etapa 7.



Tabla 9: índices de sobreesfuerzo

Índices de sobre esfuerzo			
tipo de esfuerzo	tipo de elemento	Nivel	Cant.
Flexión	Viga	Piso 1	5.17
Flexión	Viga	Piso 2	9.51
Flexión	Viga	Piso 3	1.05
Cortante	Viga	Piso 1	1.07
Cortante	Viga	Piso 2	1.60
Cortante	Viga	Piso 3	0.21
Flexo compresión	columna	Piso 1	4.59
Flexo compresión	Columna	Piso 2	5.89
Flexo compresión	Columna	Piso 3	3.87

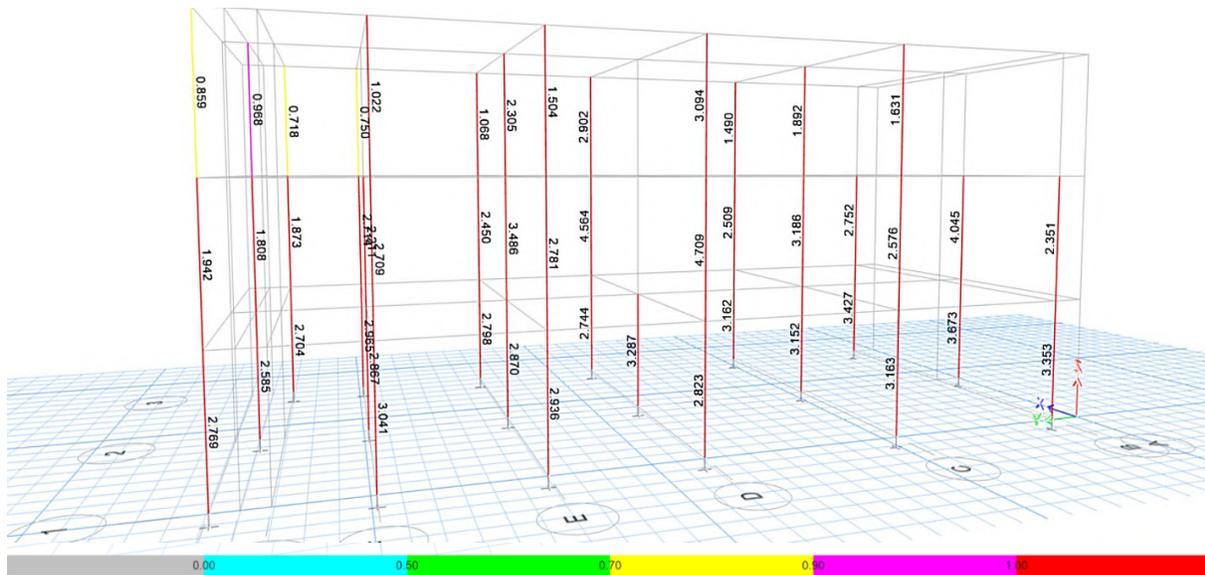
Fuente Autor

Dichos índices, representan la relación entre la los requerimientos y la capacidad de resistencia de los elementos, donde se puede observar que el índice de sobreesfuerzo de la estructura es de 5.89 para columnas y 9.51 para vigas y para cortante de 1.60.

Según los datos anteriores, el índice de vulnerabilidad de la estructura es de:

$$IV = \frac{1}{I.S} \therefore I.V = \frac{1}{5.89} \therefore IV = 0.1677$$

Ilustración 45: Índices de sobreesfuerzo en columnas o PMM Ratios (no está afectado por el coeficiente de calificación.)



Fuente: Autor.



Etapa 9 – Utilizando los desplazamientos horizontales obtenidos en el análisis de la Etapa 5 deben obtenerse las derivas de la estructura.

Tabla 10: Derivas por piso.

TABLE: Storey Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story3	Derivas 1 Max	X	3.20%	16	8	4.68	7.94
Story3	Derivas 1 Max	Y	0.82%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 1 Min	X	3.26%	16	8	4.68	7.94
Story3	Derivas 1 Min	Y	0.94%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 2 Max	X	1.09%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 2 Max	Y	1.72%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 2 Min	X	1.18%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 2 Min	Y	1.85%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 3 Max	X	3.21%	16	8	4.68	7.94
Story3	Derivas 3 Max	Y	0.84%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 3 Min	X	3.25%	16	8	4.68	7.94
Story3	Derivas 3 Min	Y	0.92%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 4 Max	X	1.11%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 4 Max	Y	1.75%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 4 Min	X	1.17%	8	0	17.47	7.94
Story3	Derivas 4 Min	Y	1.82%	8	0	17.47	7.94
Story2	Derivas 1 Max	X	6.07%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 1 Max	Y	1.74%	17	8	8.93	5.32
Story2	Derivas 1 Min	X	6.10%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 1 Min	Y	1.70%	20	8	16.54	5.32
Story2	Derivas 2 Max	X	2.31%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 2 Max	Y	3.77%	8	0	17.47	5.32
Story2	Derivas 2 Min	X	2.34%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 2 Min	Y	3.71%	8	0	17.47	5.32
Story2	Derivas 3 Max	X	6.08%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 3 Max	Y	1.73%	17	8	8.93	5.32
Story2	Derivas 3 Min	X	6.10%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 3 Min	Y	1.71%	17	8	8.93	5.32
Story2	Derivas 4 Max	X	2.32%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 4 Max	Y	3.76%	8	0	17.47	5.32
Story2	Derivas 4 Min	X	2.34%	9	4	0	5.32
Story2	Derivas 4 Min	Y	3.72%	8	0	17.47	5.32
Story1	Derivas 1 Max	X	4.45%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 1 Max	Y	1.38%	16	8	4.68	2.62
Story1	Derivas 1 Min	X	4.46%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 1 Min	Y	1.37%	16	8	4.68	2.62
Story1	Derivas 2 Max	X	1.73%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 2 Max	Y	3.00%	8	0	17.47	2.62



TABLE: Story Drifts (continuación)							
Story	Load Case/Combo	Dirección	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story1	Derivas 2 Min	X	1.74%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 2 Min	Y	2.99%	8	0	17.47	2.62
Story1	Derivas 3 Max	X	4.45%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 3 Max	Y	1.38%	20	8	16.54	2.62
Story1	Derivas 3 Min	X	4.46%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 3 Min	Y	1.38%	15	8	0.68	2.62
Story1	Derivas 4 Max	X	1.73%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 4 Max	Y	3.00%	8	0	17.47	2.62
Story1	Derivas 4 Min	X	1.74%	9	4	0	2.62
Story1	Derivas 4 Min	Y	2.99%	8	0	17.47	2.62
Deriva máxima			6.10%				

Fuente: Autor

Se puede apreciar que la estructura requiere rigidizarse dado que las derivas máximas exceden hasta en seis veces deriva máxima permitida en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR – 10, sin embargo, es necesario aclarar que este cálculo no considera la interacción de la estructura con los elementos arquitectónico o no estructurales, los cuales si bien rigidizan el sistema limitan la deformación y la disipación de energía, generando riesgo de fractura.

Etapa 10 – Debe determinarse un índice de flexibilidad por efectos horizontales como el cociente entre las derivas obtenidas en la Etapa 9 y las derivas permitidas por el Reglamento en el Capítulo A.6. Igualmente debe determinarse un índice de flexibilidad por efectos verticales como el máximo cociente entre las deflexiones verticales como el máximo cociente entre las deflexiones verticales medidas en la edificación y las deflexiones permitidas por el presente Reglamento.

De acuerdo, al análisis realizado se expone una table resumen con

Ilustración 46: índice de flexibilidad

Tabla de índices de flexibilidad por derivas									
Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	Displacement X	Displacement Y	Drift X	Drift Y	Drift	índice de flexibilidad
(tex)	(tex)	(tex)	(tex)	mm	mm				
Story2	15	73	Derivas 1 Max	274.13	82.88	5.95%	1.74%	6.20%	7.75%
Story2	15	73	Derivas 1 Min	-275.31	-81.74	5.98%	1.70%	6.22%	7.77%
Max story drift (%)								6.22%	7.77

Fuente: Autor.

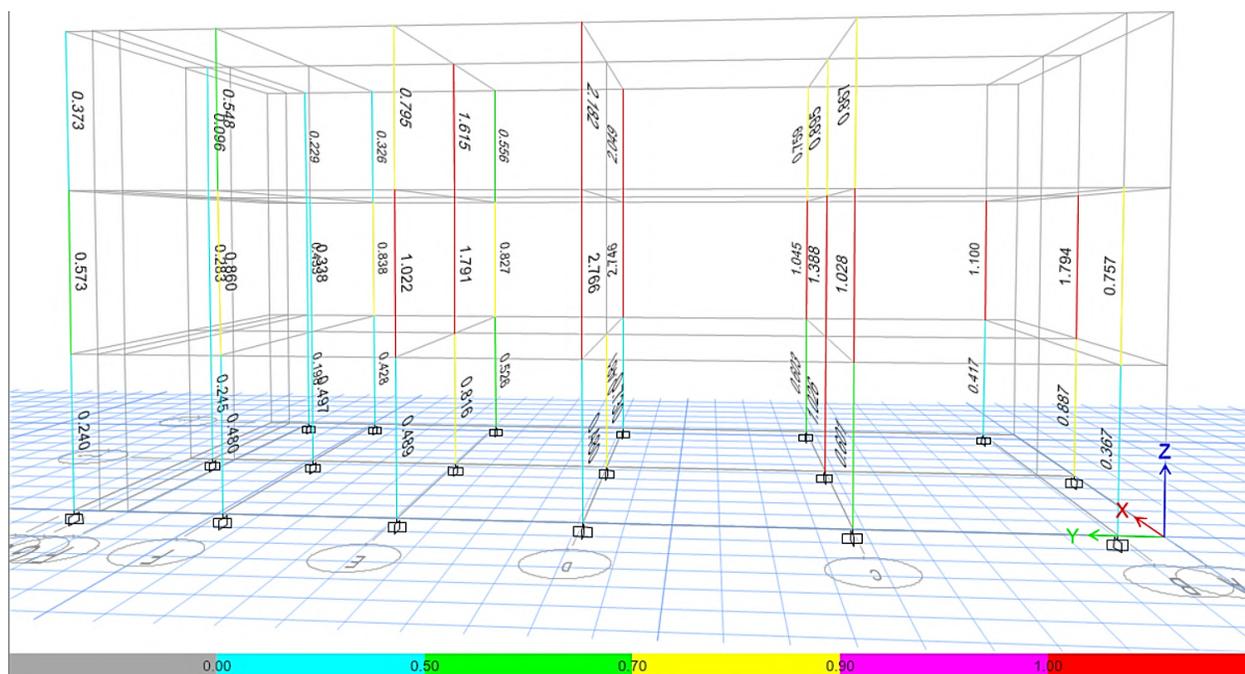
La totalidad de los índices de flexibilidad pueden observarse en el anexo 2, el índice de flexibilidad de la estructura corresponde al máximo índice por elemento para el caso es 7.77

DIAGNÓSTICO

De acuerdo con, las inspecciones realizadas, el programa de laboratorio realizado, el análisis de vulnerabilidad sísmica y patológico efectuado, se considera que el paciente debe ser intervenido con el fin de evitar manifestaciones patológicas o lesiones futuras, además, esté deberá reforzarse de forma que, permita obtener el nivel de seguridad exigido por el reglamento vigente en materia de construcción sismo resistentes.

El análisis sísmico efectuado, expone que el paciente carece de la rígides y resistencia, antes las sollicitaciones previstas por el reglamento para la evaluación de estructuras existentes (movimientos sísmicos con seguridad limitada), véase ilustración 45.

Ilustración 47: Ratios carga axial momento, (PMM), para cargas de servicio



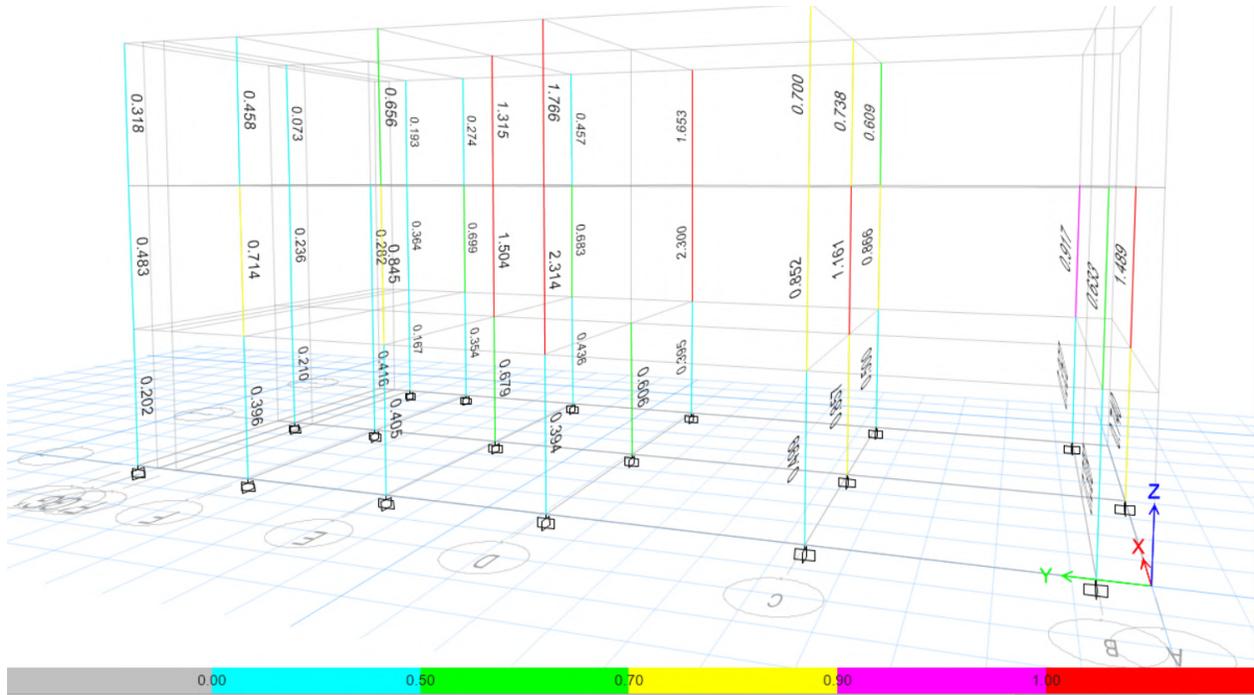
Fuente: Autor.

En el grafico anterior, se puede observar, que, la oferta de resistencia de los pórticos de concreto no satisface la demanda ante cargas de servicio y esta es superada de forma cuantiosa (I.S=2.76,



sin considerar los coeficientes de calificación de la calidad del diseño y construcción), ahora bien, se repitió el análisis únicamente considerando las cargas muertas previstas, en el cual se puede apreciar que las columnas del segundo nivel localizadas sobre el eje “D” y las columnas E2 y C2 tienen una relación Demanda – Oferta, (en términos de resistencia carga axial momento) superior a la unidad (1), véase ilustración 48.

Ilustración 48: Ratios cargas axial momento (PMM) carga muerta.



Fuente Autor.

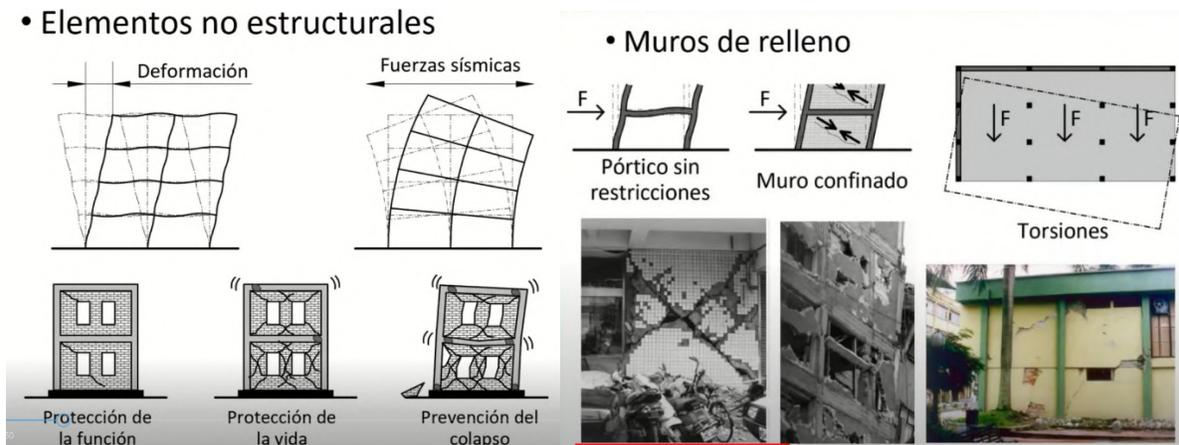
En este sentido, se concluye que es apremiante el reforzamiento estructural del paciente, que, indudablemente hay una participación estructural de los elementos arquitectónicos (elementos no estructurales), esta interacción tiene una gran incidencia en el comportamiento de la estructura del paciente, sin embargo, pese al interés que reviste para esta investigación y para el entorno colombiano, el estudio concienzudo será marginado del alcance de este proyecto, en razón a la complejidad del análisis y los limitados recursos dispuestos para este proyecto, no obstante, se relacionan algunas consideraciones al respecto.

1. La participación de los elementos no estructurales reduce la flexibilidad del sistema, ocasionando, periodos de vibración más cortos, que en estructuras con periodos superiores a, T_c , incrementa la aceleración espectral y las fuerzas sísmicas (el paciente

tiene poca altura, por lo que, esta consideración, no afecta las solicitaciones consideradas), sin embargo, este incremento, se reducirá progresivamente, conforme a el nivel de daño que sufra la mampostería, esta variación provee un reto para el análisis del comportamiento estructural.

2. La distribución no homogénea de los muros genera efectos de torsión de la estructura, dichos efectos, también variaran conforme al nivel de daño sufrido por la estructura, que de igual forma incrementa la dificultad de modelar fielmente su comportamiento.
3. La interacción de las particiones con la estructura, les induce esfuerzos para las cuales no han sido diseñados, en el caso específico del paciente, las unidades de la mampostería, se constituyen en su totalidad bloque de perforación horizontal, las cuales no cumplen los requisitos de la Norma Técnica Colombiana dispuesta para mampostería estructural (NTC 4205-1. Mampostería estructural.), en este sentido, aun realizando, un análisis complejo de la interacción de los elementos estructurales y no estructurales, estos últimos deberán dilatarse de la estructura, con el fin de dar alcance a los requisitos del reglamento NSR-10.

Ilustración 49: efectos de muros diafragma o de relleno



Fuente: MOOC estructuras sismorresistentes, módulo 6 Diseños de estructuras sismorresistentes, 6.5 elemento no estructurales- Universidad Politécnica de Madrid.

INTERVENCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Etapa 11 – La intervención estructural debe definirse de acuerdo con el tipo de modificación establecida en A.10.6 dentro de tres categorías: (a) Ampliaciones adosadas, (b) Ampliaciones en altura y (c) Actualización al reglamento.

En el caso específico del paciente, las características de este proyecto pueden delimitarse en la definición tanto de ampliación y actualización del reglamento; siendo la definición de estas de acuerdo al apartado A.10.6.

“- Ampliación – Cubre aquellas edificaciones donde se amplía su área con o sin modificación en su altura. Se divide en

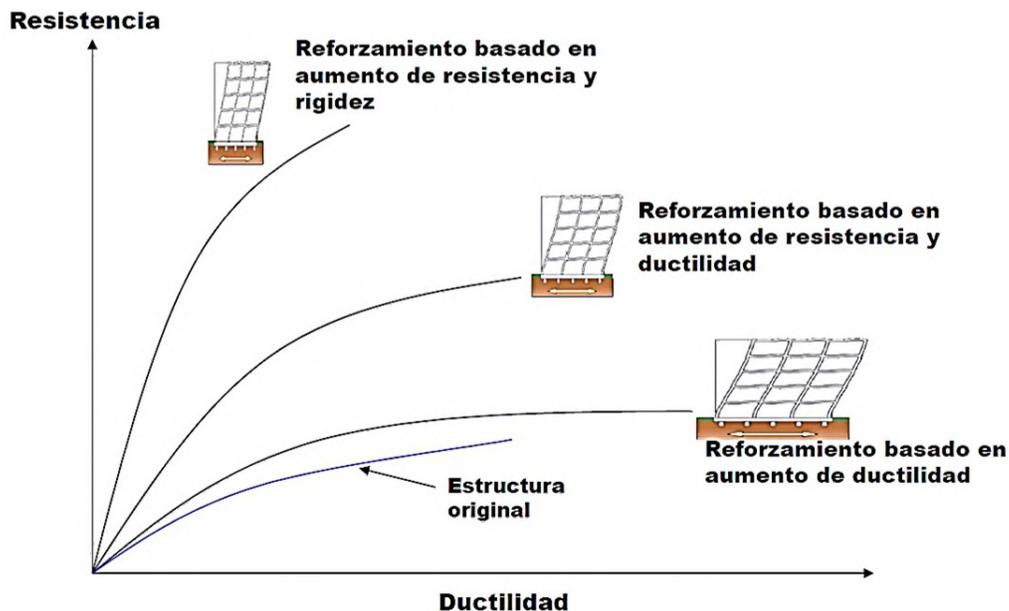
a. (...)”

“A.10.6.2 – Actualización al reglamento – Cubre aquellas edificaciones donde no hay ampliación ni en el área ni en su altura y donde voluntariamente el propietario desea modificar la capacidad del sistema estructural para que sea capaz de resistir las solicitaciones que exige la presente versión del reglamento y así obtener un mejor comportamiento sísmico de la edificación. La actualización debe hacerse siguiendo los requisitos que se dan en A.10.9”

Etapa 12 – El conjunto debe analizarse nuevamente incluyendo la intervención propuesta, la cual debe diseñarse para las fuerzas y esfuerzos obtenidos de este nuevo análisis. El diseño geotécnico y estructural y la construcción deben llevarse a cabo de acuerdo con los requisitos que para cada tipo de modificación establece el presente Capítulo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se establece que el tipo de intervención corresponde a un reforzamiento estructural y que este debe considerar mejorar la resistencia y rigidez de los elementos estructurales, en este sentido se propone encamisar con camisas metálicas (Steel Jacketin)

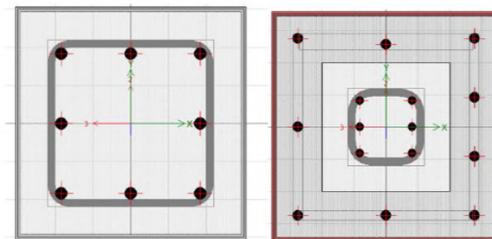
Ilustración 50: Tipos de reforzamiento en función de su objetivo.



Fuente: presentación Jorge Rendon Sika SA Colombia.

Conforme se observa en el gráfico anterior, se debe optar por un reforzamiento basado en aumento de resistencia y ductilidad a fin de obtener los índices de flexibilidad y sobreesfuerzo requeridos por el reglamento NSR-10, para este caso se optó por un reforzamiento de encamisado en acero (Steel Jacketing) con un recrecido de la sección de concreto, es decir la sección de concreto actual es de 25X25 la propuesta estará en 30X30 más una camisa metálica de ¼” (6.35mm) en acero ASTM A592

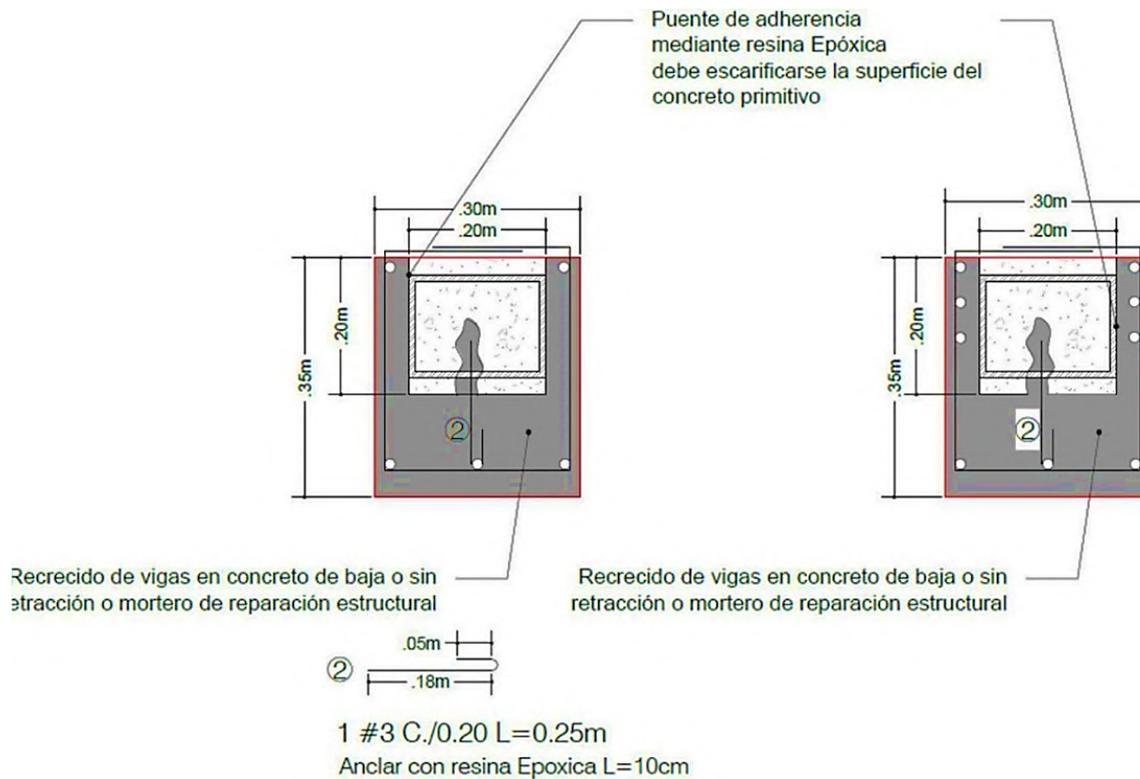
Ilustración 51: propuesta de reforzamiento de columnas “section designer”.



Fuente: Autor

Para las vigas de igual forma se propone un reforzamiento mediante el recalce de la sección transversal, con concreto fluido o mortero de reparación estructural de la siguiente manera:

Ilustración 52: propuesta de reforzamiento vigas



Fuente: Autor

Con esta propuesta de reforzamiento obtenemos los siguientes deformaciones o índices de flexibilidad:

Tabla 11: derivas y deformaciones de la propuesta de reforzamiento.

derivas y deformaciones de la propuesta de reforzamiento							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story3	Derivas 1 Max	X	0.56%	11	4	8.93	8.1
Story3	Derivas 1 Max	Y	0.12%	11	4	8.93	8.1
Story3	Derivas 1 Min	X	0.56%	11	4	8.93	8.1
Story3	Derivas 1 Min	Y	0.13%	11	4	8.93	8.1
Story3	Derivas 2 Max	X	0.19%	11	4	8.93	8.1
Story3	Derivas 2 Max	Y	0.35%	11	4	8.93	8.1
Story3	Derivas 2 Min	X	0.19%	11	4	8.93	8.1
Story3	Derivas 2 Min	Y	0.36%	11	4	8.93	8.1
Story2	Derivas 1 Max	X	0.91%	11	4	8.93	5.4
Story2	Derivas 1 Max	Y	0.24%	11	4	8.93	5.4
Story2	Derivas 1 Min	X	0.91%	11	4	8.93	5.4
Story2	Derivas 1 Min	Y	0.24%	11	4	8.93	5.4
Story2	Derivas 2 Max	X	0.30%	11	4	8.93	5.4



Story2	Derivas 2 Max	Y	0.70%	11	4	8.93	5.4
Story2	Derivas 2 Min	X	0.30%	11	4	8.93	5.4
Story2	Derivas 2 Min	Y	0.70%	11	4	8.93	5.4
Story1	Derivas 1 Max	X	0.74%	20	8	16.54	2.7
Story1	Derivas 1 Max	Y	0.21%	20	8	16.54	2.7
Story1	Derivas 1 Min	X	0.74%	20	8	16.54	2.7
Story1	Derivas 1 Min	Y	0.21%	20	8	16.54	2.7
Story1	Derivas 2 Max	X	0.25%	20	8	16.54	2.7
Story1	Derivas 2 Max	Y	0.63%	20	8	16.54	2.7
Story1	Derivas 2 Min	X	0.25%	20	8	16.54	2.7
Story1	Derivas 2 Min	Y	0.63%	20	8	16.54	2.7

Fuente Autor.

Como se puede observar el reforzamiento propuesto brinda la suficiente rigidez para cumplir con los requisitos de derivas del Reglamento de Construcción sismo resistente – NSR – 10 , en cuanto a resistencia de las columnas, se obtienen los siguientes nuevos diagramas de interacción.

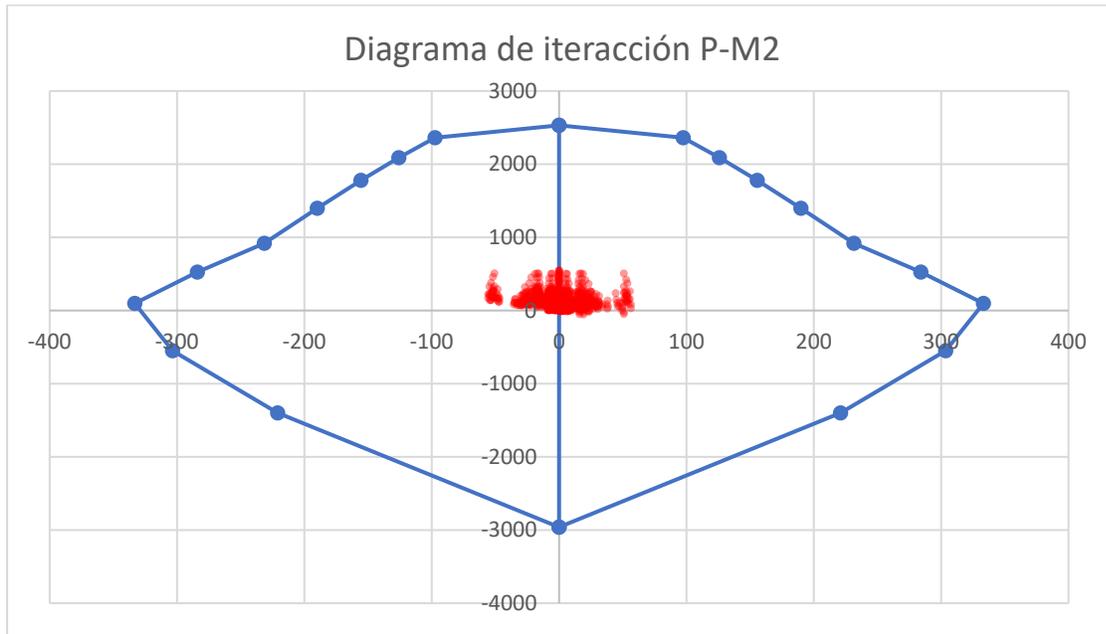
Tabla 12: Datos diagrama de iteración columnas reforzadas

Diagrama de interacción			
ítem	P (KN)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
1	2530.9316	0	0
2	2361.4519	97.4171	97.4171
3	2089.0961	125.8658	125.8658
4	1778.8857	155.5953	155.5953
5	1397.3115	189.8956	189.8956
6	918.3893	231.4893	231.4893
7	525.4593	284.0235	284.0235
8	97.5761	333.2069	333.2069
9	-549.5966	303.5226	303.5226
10	-1399.4393	221.0294	221.0294
11	-2960.3124	0	0
12	2530.9316	0	0
13	2361.4519	-97.4171	-97.4171
14	2089.0961	-125.8658	-125.8658
15	1778.8857	-155.5953	-155.5953
16	1397.3115	-189.8956	-189.8956
17	918.3893	-231.4893	-231.4893
18	525.4593	-284.0235	-284.0235
19	97.5761	-333.2069	-333.2069
20	-549.5966	-303.5226	-303.5226
21	-1399.4393	-221.0294	-221.0294
22	-2960.3124	0	0

Fuente Autor.

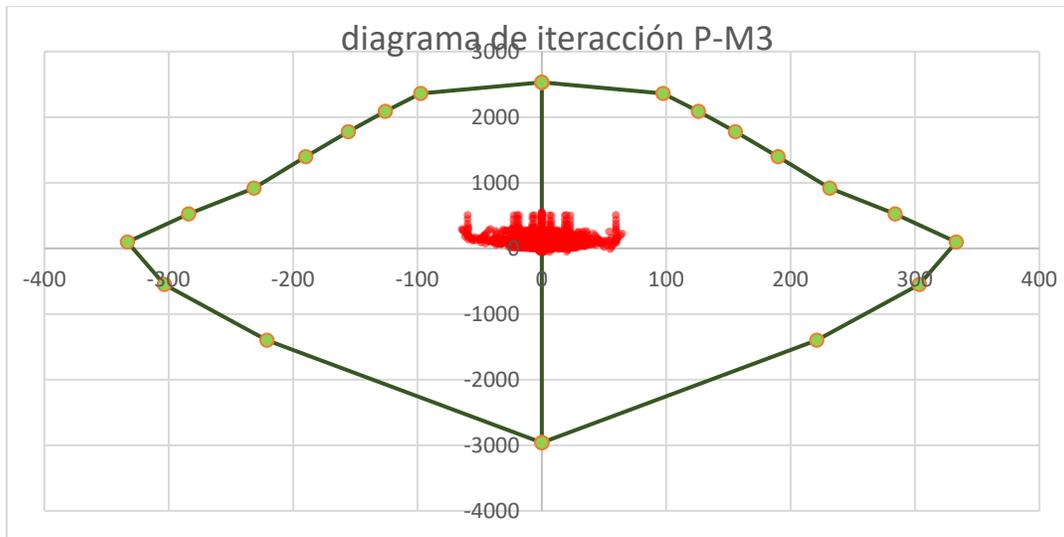


Ilustración 53: Diagrama de iteración columnas reforzadas carga axial, P, Momento en eje local 2



Fuente: Autor.

Ilustración 54: Diagrama de iteración columnas reforzadas carga axial, P, Momento en eje local 2

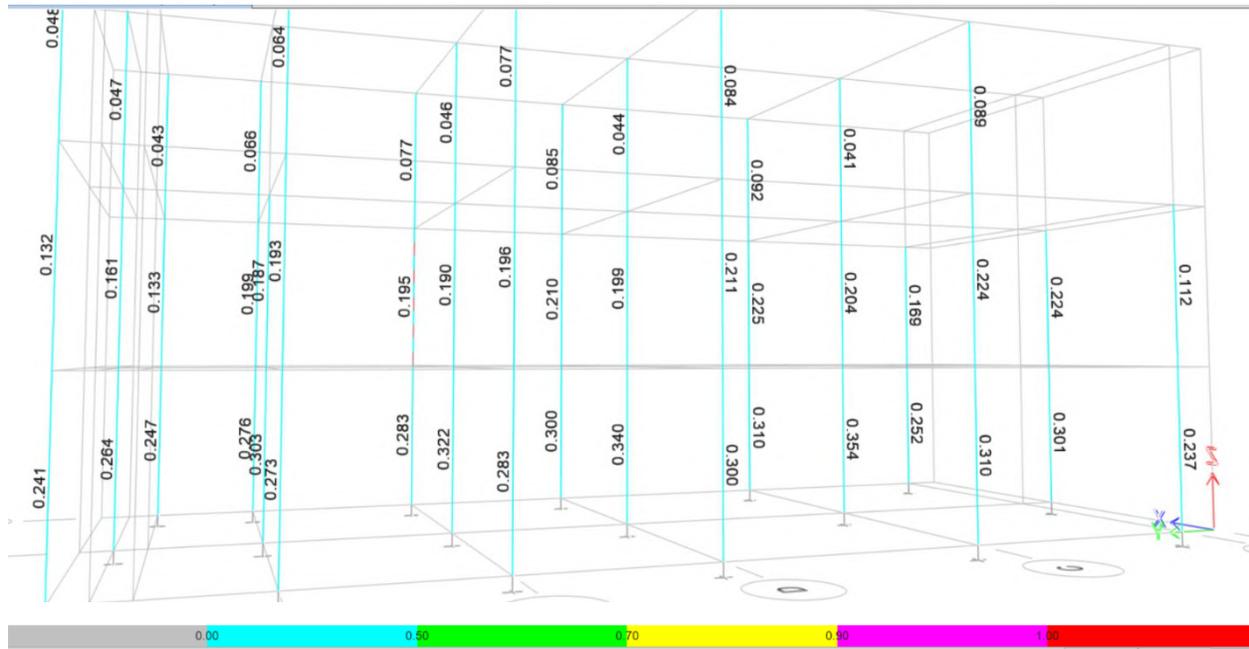


Fuente: Autor.

De los gráficos anteriores, se puede observar que la nube de puntos representa la demanda de resistencia o sollicitaciones reglamentarias, es contenida en su totalidad por el nuevo diagrama de iteración, con un margen de seguridad amplio.



Ilustración 55: grafico de relación demanda vs capacidad, carga axial y momentos (PMM)



Fuente: autor.

Se puede observar que los requisitos de resistencia se cumplen con esta propuesta de reforzamiento, a saber, debe tener en cuenta la siguiente información para el recrecimiento de la sección transversal:

Tabla 13: Productos para relleno según el espacio entre la superficie del elemento y la platina de reforzamiento.

Esesor del material de relleno	Material sugerido	
Hasta 0.5 cm	Adhesivo Epóxico	— Sikadur 35 Hi Mod LV
Hasta 5 cm	Grout	— SikaGrout 212
Más de 5 cm	Concreto sin retracción	— Sika Concrelisto RE 5000

Fuente: Sika Colombia.

De acuerdo con la información consultada, no es conveniente trabajar espesores de relleno inferiores a 3 cm, debido a que, se incrementan las dificultades para la ejecución de las labores de reforzamiento, aunado a, los requerimientos de rigidizar el sistema estructural, en razón a esto, se dio predilección el uso de concreto de baja o sin retracción plástica (el uso tabla 13, es informativo y no vincula al propietario a usar la marca del panelista, pero si es recomendable mantener las especificaciones de los productos expuestos.)



PRESUPUESTO DEL TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO

En este apartado se relaciona el costo del Trabajo Profesional Integrado, TPI y el responsable de asumir éste, conforme a los requisitos establecido para la presentación del TPI.

Tabla 14: presupuesto TPI

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	RESPONSABLE
1	ENSAYOS DE VULNERABILIDAD Y PATOLOGÍA ESTRUCTURAL				\$ 1,740,000	
1.1	Extracción de núcleos de concreto de 2 a 3", incluye reparación del concreto de alta resistencia	un	5	\$ 150,000	\$ 750,000	ORLANDO FORERO
1.2	Prueba de carbonatación con fenolftaleína	un	7	\$ 20,000	\$ 140,000	ORLANDO FORERO
1.3	Detección de refuerzo mediante ferrosacan de 0.5 a 1 m2 por elemento	un	5	\$ 100,000	\$ 500,000	ORLANDO FORERO
1.4	Corte y ensayo de núcleos en laboratorio acreditado ONAC	un	5	\$ 50,000	\$ 250,000	ORLANDO FORERO
1.5	localización del refuerzo en la totalidad de elementos inspeccionables	d	1	\$ 100,000	\$ 100,000	SERGIO ENRIQUE MURCIA
2	INSPECCIÓN DE LA CIMENTACIÓN				\$ 2,200,000	
2.1	Estudio geotécnico para exploración de la cimentación incluye dos apiques exploratorios y un sondeo a 6.0 metros de profundidad, estudio valido para trámite de reconocimiento	gl	1	\$ 2,200,000	\$ 2,200,000	ORLANDO FORERO
3	INFORMES O ESTUDIOS TÉCNICOS ESTRUCTURALES				\$ 5,500,000	
3.1	Informe de Patología estructural	gl	1	\$ 1,500,000	\$ 1,500,000	SERGIO ENRIQUE MURCIA
3.2	Informe de vulnerabilidad estructural, incluye modelo matemático de la representación actual de la estructura e índices de sobreesfuerzo y flexibilidad	gl	1	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	SERGIO ENRIQUE MURCIA
3.3	Diseño estructural de la intervención	gl	1	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	SERGIO ENRIQUE MURCIA
4	ARQUITECTURA				\$ 2,500,000	
4.1	Planos de levantamiento arquitectónico, planos de propuesta y propiedad horizontal	gl	1	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000	ORLANDO FORERO
TOTAL					\$ 11,940,000	

Fuente: Autor

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Es necesario reforzar y tratar el sistema estructural, con el propósito de lograr un nivel de seguridad sísmico acorde a la reglamentación vigente en materia de construcción sismo resistente (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10).
- Se recomienda, construir y reforzar la columna D2 de forma imperiosa, debido a que su interrupción en el segundo nivel, incrementa sustancialmente las solicitaciones de los elementos estructurales aledaños como se aprecia en los gráficos de momentos y cortantes del eje D y el eje 2.
- Se recomienda reforzar la estructura mediante en caminados metálicos y recrecer la sección de concreto existente mediante un mortero de reparación estructural tipo SikaGrout 212 o similar, si una vez escarificado la superficie de la estructura, se obtiene un relleno superior a 5 cm se sugiere emplear un concreto sin retracción con agregado de ½” o un concreto listo tipo Concrelisto RE5000 de Sika o similar. Para el recrecido de la sección se recomienda el empleo de conectores de cortante y emplear un material de relleno, no se debe emplear el encamisado sin estos debido a que no interactúan con el encamisado.
- Una vez reforzada la estructura, se debe dilatar los elementos no estructurales, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la estructura, por otra parte, deberá evaluarse el comportamiento de los elementos no estructurales,

Cordialmente,

Sergio Enrique Murcia Sánchez

Estudiante de la especialización en Patología de la construcción

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DE DESARROLLO

TERRITORIAL. (2010). *Decreto 926 por medio se establecen los requisitos de carácter técnico científico para construcciones sismo resistentes - NSR 10*. Bogotá, D.C.: Diario Oficial.

CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). *CYPE: programas : CYPECAD : Interacción estructura-elementos constructivos : Programas relacionados*. Obtenido de Interacción de la estructura con los elementos constructivos:

http://cypecad.cype.es/cypecad_interaccion_estructura_elementos_constructivos.htm

Donini, H. J., & Orler, R. (2017). *Análisis de las patologías en las estructuras de Hormigón*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko.

Gallego Silva, M., & Sarria Molina, A. (2015). *El concreto y los terremotos* (Segunda ed.). Bogotá D.C.: Asociación Colombiana de Productores de Concreto.

Helene, P., & Pereira, F. (2003). *Manual para rehabilitación de estructuras de hormigón*. CYTED.

Montejo, A., Montejo, F., & Alejandro, M. (2013). *Tecnología y patología del concreto armado*. Bogota, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Sánchez de Guzman, D. (2011). *Durabilidad y Patología del concreto*. (segunda ed.). Bogotá D.C.: Asociación de productores de concreto.

Segura Frango, J. I. (2011). *Diseño de estructuras de Concreto* (Séptima ed.). Bogotá D.C.: Universidad Nacional.

Universidad Politécnica de Madrid. (1999). *Tratado de la Rehabilitación*. Madrid, España: Munilla - Lería.