

ESTUDIO PATOLÓGICO DE LAS INSTALACIONES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN -FDI- EN LA CIUDAD
DE BARRANQUILLA

Arq. Mariana Gärtner Jaramillo
Ing. Darío Alberto Beltrán Núñez
Ing. María Claudia Romero Martínez
Ing. Vanessa Carolina Buenahora Bonfante

Universidad Santo Tomás
Especialización en Patología de la Construcción
Trabajo Profesional Integrado

Resumen

En este documento se presenta el estudio de patología de las edificaciones de la institución FDI, ubicadas en la ciudad de Barranquilla- Colombia. Las edificaciones del FDI fueron construidas aproximadamente hace 50 años y fueron sometidas a cambios de uso que modificaron las cargas de diseño consideradas inicialmente. En el presente estudio de patología se realizó el análisis y recopilación de la historia clínica de las edificaciones, la elaboración y planteamiento del diagnóstico y las propuestas de intervención las cuales incluían la evaluación de los costos de la alternativa de demolición de las edificaciones.

Abstract

This document presents the pathology study of the buildings of the FDI institution, located in Barranquilla-Colombia. The FDI buildings were built approximately 50 years ago and underwent changes in use that modified the design loads initially considered. In the present pathology study, the analysis and compilation of the clinical history of the buildings, the preparation and approach of the diagnosis and the intervention proposals were carried out, which included the evaluation of the costs of the alternative of demolition of the buildings.

Tabla de contenido

Capítulo 1 Introducción e información general.....	122
Capítulo 2 Objetivos.....	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
Capítulo 3 Justificación.....	15
Capítulo 4 Alcance	17
Capítulo 5 Metodología.....	18
5.1 Ensayos de exploración de las edificaciones para la recopilación de información primaria	19
Capítulo 6 Selección del Paciente.....	21
Capítulo 7 Planteamiento del Estudio.....	22
7.1 Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información	24
7.2 Forma de almacenar y tabular la información.....	24
7.3 Proceso de recopilación de información en el campo.....	25
7.4 Alcances de la exploración	25
7.5 Permisos y autorizaciones al paciente	26
7.6 Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración	26
7.7 Medidas preventivas durante la exploración.....	27
Capítulo 8 Historia Clínica	29
8.1 Responsables del estudio	29
8.2 Fecha de realización del estudio.....	29
8.3 Autorización del estudio	29
8.4 Datos generales del paciente	30
8.4.1 Nombre.....	30
8.4.2 Localización.....	30
8.4.3 Uso.....	30
8.4.4 Fecha de la construcción.....	31
8.4.5 Uso actual y previsto.....	32
8.4.6 Importancia.....	33
8.4.7 Sistema estructural y constructivo.....	34
8.4.8 Normativa actual que lo rige.....	36
8.4.9 Tipo de cimentación.....	36
8.4.10 Altura de edificio.....	38
8.4.11 Área de la edificio.....	40
8.4.12 Número de pisos.....	41
8.5 Estado General de la Construcción.....	41
8.5.1 Intervenciones Previstas.....	43
8.6 Fidelidad de los Planos	44
8.7 Constatación del Estado.....	44
8.8 Aplicación Patológica.....	45
8.8.1 Pediátrica.....	45
8.8.2 Geriátrica.....	45
8.8.3 Preventiva.....	45
8.8.4 Curativa.....	46

8.8.5 Restauración.....	46
8.8.6 Forense.....	47
Capítulo 9 Representación gráfica y levantamiento de los daños	48
9.1 Lesiones en el edificio #1	48
9.2 Lesiones en el edificio #2	50
9.2.1 Asentamientos diferenciales	64
Capítulo 10 Clasificación y origen de las patologías.....	70
10.1 Tipología de las lesiones.....	70
10.1.1 Etiología de las lesiones en cada fase del proceso.....	70
10.1.2 Tipología de las lesiones y agentes causantes	74
Capítulo 11 Localización.....	78
11.1 Uso del sector normatividad.....	81
11.2 Datos generales del entorno.	81
11.2.1 Medio ambiente.....	82
11.2.2 Edificaciones vecinas.....	82
11.2.3 Clima	84
11.2.4 Temperatura.	85
11.2.5 Humedad relativa promedio.....	87
11.2.6 Precipitaciones.	88
11.2.7 Geología general.....	90
11.2.7.1 Descripción de la litología.	91
11.2.7.2 Estratigrafía.....	92
11.2.8 Sismicidad. Según la NSR – 10 se clasifican de la siguiente manera:.....	95
11.2.8.1 Zonas de amenaza sísmica.	95
11.2.9 Topografía y unidades morfoestructurales.....	100
11.2.10 Cobertura vegetal.....	102
Capítulo 12 Arquitectura	104
12.1 Zonificación	104
12.2 Distribución arquitectónica	105
12.2.1 Primer piso.....	105
12.2.2 Segundo piso	106
12.2.3 Tercer piso	107
12.2.4 Edificio # 2.....	107
12.3 Descripción y estado de los elementos	108
12.3.1 Fachadas.....	108
12.3.1.1 Fachada sobre carrera 53.	108
12.3.1.2 Fachada interior hacia el patio interior edificio #1.....	109
12.3.1.3 Fachada interior hacia el patio interior edificio #2.....	110
12.3.1.4 Fachada posterior edificio #1.....	111
12.3.1.5 Fachada sobre Calle 64 edificio #1.....	112
12.3.1.6 Fachada sobre Calle 64 edificio #2.....	113
12.3.1.7 Estado general.	114
12.3.2 Muros internos.....	104
12.3.2.1 Muros internos tipo 1.....	114
12.3.2.2 Muros internos tipo 2.....	115
12.3.2.3 Muros internos tipo 3.....	116
12.3.2.4 Muros internos tipo 4.....	117
12.3.2.5 Muros internos tipo 5.....	117

12.3.2.6 Estado general.	118
12.3.3 Pisos.....	108
12.3.3.1 Pisos 1° piso edificio #1.....	119
12.3.3.2 Pisos oficinas 2° piso edificio #1.....	120
12.3.3.3 Pisos baño 2° piso edificio #1.	121
12.3.3.4 Pisos oficinas edificio #2.	121
12.3.3.5 Pisos oficinas edificio #2.	122
12.3.3.6 Pisos patio interior.....	122
12.3.3.7 Estado general.	123
12.3.4 Cielorastos.....	113
12.3.4.1 Cieloraso recepción 1° piso edificio #1.	123
12.3.4.2 Cieloraso oficinas 1° piso edificio #1.....	124
12.3.4.3 Cieloraso oficinas 2° piso edificio #1.....	124
12.3.4.4 Cieloraso oficinas 1° piso edificio #2.....	125
12.3.4.5 Cieloraso aulas edificio #2.....	125
12.3.4.6 Estado general.	126
12.3.5 Cubierta.....	116
12.3.5.1 Cubierta edificio #1.	127
12.3.5.2 Cubierta edificio #2.	127
12.3.5.3 Estado general.	127
Capítulo 13 La Estructura	118
13.1 Evaluación estructural de las edificaciones.....	118
13.1.1 Metodología de revisión estructural del edificio #1	¡Error! Marcador no definido.
13.1.2 Metodología de revisión estructural del edificio #2	¡Error! Marcador no definido.
13.1.3 Determinación de la zona sísmica	¡Error! Marcador no definido.
13.2 Revisión estructural del edificio #1	125
13.2.1 Generalidades.....	¡Error! Marcador no definido.
13.2.2 Configuración estructural.....	¡Error! Marcador no definido.
13.2.3 Materiales de la edificio.....	136
13.2.4 Cargas estimadas del edificio #1	136
13.2.5 Chequeo de porcentaje de área de muros provista.....	136
13.2.6 Lista de verificación de deficiencias para el edificio #1	136
13.3 Evaluación general del edificio #2	134
13.3.1 Generalidades.....	134
13.3.2 Configuración estructural.....	134
13.3.3 Materiales de la edificio.....	136
13.3.4 Cargas estimadas de la estructura.....	136
13.3.5 Análisis estructural del edificio #2	139
13.3.6 Solicitaciones sísmicas equivalentes	142
13.3.7 Coeficiente de disipación de energía	142
13.3.8 Calificación de las estructuras.....	142
13.3.9 Análisis elástico de la edificación-evaluación fuerza horizontal equivalente	142
13.3.10 Análisis dinámico de la edificación	142
13.3.11 Relación entre demanda y capacidad del edificio #2.....	142
13.3.12 Análisis de vulnerabilidad.....	142
Capítulo 14 Datos Específicos de las Lesiones	154
14.1 Afectaciones.....	154
14.2 Especificaciones de diseño y construcción	154
14.3 Evaluación física y mecánica del concreto y/o materiales	154

14.4 Algunos factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto	155
14.4.1 Relación agua-cemento y contenido de aire.....	155
14.4.2 Influencia de los agregados.....	155
14.4.3 Resistencia a la compresión del concreto	155
Capítulo 15 Composición y Estructura del Concreto	157
15.1 Microestructura del concreto.....	157
15.2 Estudios y diseños realizados.....	157
Capítulo 16 Diagnóstico	159
16.1 Lesiones mecánicas, físicas y químicas	160
16.1.1 De origen físico.	160
16.1.2 De origen mecánico.	162
16.1.3 De origen químico.	162
16.2 Ensayos destructivos y no destructivos.....	164
16.2.1 Destructivos.	165
16.2.2 No destructivos.....	165
16.2.3 Determinación de la resistencia del concreto mediante la extracción y ensayo a compresión de núcleos.....	165
16.2.3.1 Resultados de la extracción de núcleos.....	182
16.2.4 Registro fotográfico de la carbonatación.	165
16.2.5 Detección del refuerzo ferrosan.....	165
16.2.6 Ensayos con ultrasonido	165
16.3. Conclusiones del Diagnóstico	176
Capítulo 17 Propuesta de Intervención	177
17.1 Humedades en muros y entresijos causando daños a pinturas y revestimientos.	179
17.1.1 Alternativa de intervención.	179
17.1.2 Protección del elemento.....	181
17.1.3 Mantenimiento	181
17.1.4 Zonas a rehabilitar	181
17.2 Humedad en fachadas exteriores del edificio #1 y el edificio #2	181
17.2.1 Presencia de mohos	182
17.2.1.1 Alternativa de intervención.....	182
17.2.1.2 Protección del elemento.....	182
17.2.1.3 Mantenimiento	182
17.2.1.4 Zonas a rehabilitar	182
17.2.2 Materia orgánica en la fachada.....	183
17.2.2.1 Alternativa de intervención.....	182
17.2.2.2 Protección del elemento.....	182
17.2.2.3 Mantenimiento	182
17.2.2.4 Zonas a rehabilitar	182
17.3 Fisuras por asentamiento diferencial de la edificio #2.....	184
17.3.1 Alternativa de intervención.....	185
17.3.2 Protección al elemento.....	186
17.4 Desprendimiento de concreto en elementos estructurales.....	187
17.4.1 Alternativa de intervención.	187
17.4.2 Protección	200
17.4.3 Zonas a rehabilitar	201
17.5 Desnivel de las losas entrepiso para el edificio #2.	201
17.5.1 Alternativa de intervención.....	202

	vii
17.6 Propuesta de intervención para el edificio #1	203
17.6.1 Propuesta de intervención #1.	203
17.6.2 Propuesta de intervención #1.	203
17.7 Propuesta de intervención para el edificio #2	204
17.7.1 Propuesta de intervención #1.	204
17.7.2 Propuesta de intervención #1.	206
17.8 Presupuesto de la propuesta	206
Capítulo 18 Conclusiones	207
Capítulo 19 Recomendaciones	211
Lista de referencias	217
Anexos.....	219
Glosario	220

Lista de tablas

Tabla 1	Ensayos de laboratorio	18
Tabla 2	Ensayos destructivos y no destructivos	20
Tabla 4	Valores del coeficiente de importancia	34
Tabla 5	Cuadro de áreas	40
Tabla 6	Fuentes y causas de las patologías	71
Tabla 7	Causas genéricas y causas específicas de las patologías	73
Tabla 8	Tipologías de las lesiones	75
Tabla 9	Clasificación climática de Köppen	84
Tabla 10	Nivel de amenaza sísmica	96
Tabla 11	Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales	96
Tabla 12	Cargas vivas para el edificio #1	140
Tabla 13	Cálculo del porcentaje de área de muro provista y requerida	143
Tabla 14	Cargas vivas para edificio #2	149
Tabla 15	Parámetros sísmicos aportados por el estudio de suelos para edificio #2	152
Tabla 16	Espectro elástico de diseño	153
Tabla 17	Modos de vibración considerados en el análisis estructural del edificio #2	156
Tabla 18	Cortante dinámico obtenido del análisis estructural del edificio #2	157
Tabla 19	Índice de sobre esfuerzo a cortante en vigas del edificio #2.	159
Tabla 20	Índice de sobre esfuerzo a flexión en vigas del edificio #2.	159
Tabla 21	Índice de sobre esfuerzo a flexo-compresión en vigas del edificio #2	160
Tabla 22	Índice de sobre esfuerzo a cortante en columnas del edificio #2.	160
Tabla 23	Índice de sobre esfuerzo general del edificio #2	161
Tabla 24	Cálculo de derivas y del índice de flexibilidad de piso en ambos sentidos (x, y) del edificio #2.	162
Tabla 25	Índice de la flexibilidad general del edificio #2 en su estado actual.	163
Tabla 26	Vulnerabilidad sísmica del edificio #2 en su estado actual.	163
Tabla 27	Resumen de lesiones	175
Tabla 28	Índice de flexibilidad general del edificio #2 posterior al reforzamiento	204
Tabla 29	Índice de sobre esfuerzo general del edificio #2 posterior al reforzamiento	204
Tabla 30	Vulnerabilidad sísmica del edificio #2 posterior al reforzamiento.	205

Lista de figuras

Figura C8-1	Ubicación geográfica	30
Figura C8-2	Fachada principal del edificio #1	32
Figura C8-3	Fachada principal del edificio #2	33
Figura C8-4	Definición del grupo de uso III	33
Figura C8-5	Ubicación de pórticos edificio #1	35
Figura C8-6	Planta estructural edificio #2	36
Figura C8-7	Dado de cimentación columna D3 edificio #1	37
Figura C8-8	Excavación para reconocimiento de cimentación edificio #2	38
Figura C8-9	Vista frontal edificio #1	38
Figura C8-9a	Vista frontal edificio #1	39
Figura C8-10	Vista frontal edificio #2	39
Figura C8-10a	Vista frontal edificio #2	40
Figura C9-1	Lesión: humedad	48
Figura C9-1a	Localización en planta	49
Figura C9-2	Lesión: humedades y fisuras	49
Figura C9-2a	Lesión: humedades y fisuras	49
Figura C9-2b	Localización en planta	50
Figura C9-3	Lesión: grieta	50
Figura C9-3a	Lesión: grieta	50
Figura C9-3b	Localización en planta	51
Figura C9-4	Lesión: humedades	52
Figura C9-4a	Localización en planta	52
Figura C9-5	Lesión: humedades	53
Figura C9-5a	Localización en planta	53
Figura C9-6	Lesión: pérdida de recubrimiento	54
Figura C9-6a	Lesión: pérdida de recubrimiento	54
Figura C9-7	Lesión: desnivel en losa	55
Figura C9-7a	Localización en planta	56
Figura C9-8	Lesión: desnivel en losa	57
Figura C9-8a	Lesión: fisura en losa	57
Figura C9-8b	Separación de elementos no estructurales	57
Figura C9-8c	Localización en planta	58
Figura C9-9	Lesión: humedad en losa de entrepiso	58
Figura C9-9a	Localización en planta	59
Figura C9-10	Lesión: pérdida de recubrimiento	60
Figura C9-10a	Localización en planta	60
Figura C9-11	Lesión: fisura en muro	61
Figura C9-11a	Localización en planta	61
Figura C9-12	Lesión: fisura en losa	63
Figura C9-12a	Lesión: fisura en losa	63
Figura C9-12b	Localización en planta	63
Figura C9-13	Lesión: fisura en columna	64
Figura C9-13a	Lesión: fisura en columna	64
Figura C9-13b	Lesión: fisura en columna	64
Figura C9-13c	Lesión: fisura en columna	64
Figura C9-13d	Localización en planta	65
Figura C9-14	Lesión: fisura en losa	66

	x
Figura C9-14a	Lesión: fisura en losa 66
Figura C9-14b	Lesión: fisura en losa 66
Figura C9-14c	Lesión: pérdida de recubrimiento 67
Figura C9-14d	Lesión: pérdida de recubrimiento 67
Figura C9-14e	Localización en planta 67
Figura C9-15	Mapa geológico mostrando el ambiente sedimentario de origen marino 69
Figura C10-1	Porcentaje DE lesiones encontradas 76
Figura C10-2	Severidad de las lesiones 77
Figura C11-1	Localización 78
Figura C11-2	Residencia estilo versallesco 80
Figura C11-3	Hotel El Prado 80
Figura C11-4	Panorámica del barrio El Prado 81
Figura C11-5	Edificaciones vecinas 83
Figura C11-6	Edificaciones vecinas 83
Figura C11-7	Edificaciones vecinas 83
Figura C11-8	Edificaciones vecinas 84
Figura C11-9	Mapa mundial de la clasificación de Köppen período 1951-2000 85
Figura C11-10a	Promedio multianual de temperatura mínima 86
Figura C11-10b	Promedio multianual de temperatura promedio 86
Figura C11-10c	Promedio multianual de temperatura máxima 87
Figura C11-11	Promedio multianual de humedad relativa 88
Figura C11-12	Promedio multianual de precipitación 89
Figura C11-12a	Número de días de la precipitación 90
Figura C11-13	Columna estatigráfica de la formación Pendales 93
Figura C11-13a	Columna estatigráfica de la formación La Popa 94
Figura C11-15	Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av 98
Figura C11-15a	Mapa de valores Aa 99
Figura C11-15b	Mapa de valores Av 100
Figura C11-16	Mapa geomorfológico de las laderas occidentales de Barranquilla 102
Figura C12-1	Zonificación general 104
Figura C12-2	Distribución arquitectónica 1° piso 105
Figura C12-3	Distribución arquitectónica 2° piso edificio #1 106
Figura C12-4	Distribución arquitectónica 2° piso edificio #2 107
Figura C12-5	Distribución arquitectónica 3° piso edificio #2 107
Figura C12-6	Distribución arquitectónica 4° piso edificio #2 108
Figura C12-7	Fachada sobre carrera 53 edificio #1 109
Figura C12-8	Fachada interior edificio #1 110
Figura C12-9	Fachada interior edificio #2 111
Figura C12-9a	Fachada interior edificio #2 111
Figura C12-10	Fachada posterior edificio #1 112
Figura C12-10a	Fachada posterior edificio #1 112
Figura C12-11	Fachada sobre calle 64 edificio #1 113
Figura C12-12	Fachada sobre calle 64 edificio #2 114
Figura C12-13	Muros internos tipo 1 edificio #1 115
Figura C12-14	Muros internos tipo 2 edificio #1 115
Figura C12-15	Muros internos tipo 2 edificio #1 105
Figura C12-16	Muros internos tipo 3 edificio #2 105
Figura C12-17	Muros internos tipo 4 edificio #2 106

Figura C12-18	Muros internos tipo 5 edificio #2	107
Figura C12-18a	Muros internos tipo 5 edificio #2	107
Figura C12-19	Pisos 1° piso edificio #1	108
Figura C12-19a	Pisos 1° piso edificio #1	108
Figura C12-20	Pisos oficinas 2° piso edificio #1	109
Figura C12-20a	Pisos oficinas 2° piso edificio #1	109
Figura C12-21	Pisos baño 2° piso edificio #1	110
Figura C12-22	Pisos oficinas edificio #2	111
Figura C12-23	Pisos baños edificio #2	111
Figura C12-24	Pisos patio interior	112
Figura C12-25	Cielorastos edificio #1	113
Figura C12-26	Cielorastos edificio #1	113
Figura C12-27	Cielorastos edificio #1	114
Figura C12-28	Cielorastos edificio #2	114
Figura C12-29	Cielorastos edificio #2	115
Figura C12-29a	Cielorastos edificio #2	115
Figura C12-30	Cubierta edificio #1	116
Figura C12-31	Cubierta edificio #2	117
Figura C13-1	Pórtico edificio #1	137
Figura C13-2	Evaluación de cargas muertas para edificio #1 del FDI	139
Figura C13-2a	Evaluación de cargas muertas para edificio #1 del FDI	139
Figura C13-3	Muros transversales y longitudinales configuración en planta	142
Figura C13-4	Alzado estructural típico edificio #2	146
Figura C13-4a	Sección transversal de losa edificio #2	147
Figura C13-5	Evaluación de cargas edificio #2	149
Figura C13-6	Espectro elástico de Diseño para edificio #2	150
Figura C13-7	Espectro elástico de diseño edificio #2	152
Figura C13-8	Valores de ϕ_c y ϕ_e	154
Figura C16-1	Resultados de ensayo a compresión	178
Figura C16-2	Ensayo de carbonatación	179
Figura C16-2a	Ensayo de carbonatación	179
Figura C16-2b	Ensayo de carbonatación	179
Figura C16-2c	Ensayo de carbonatación	179
Figura C16-3	Diagrama de detección de barras de acero	182
Figura C16-5	Datos obtenidos ensayo de ultrasonido	183
Figura C16-6	Resultado ensayo de ultrasonido	184
Figura C16-6a	Resultado ensayo de ultrasonido	184
Figura C16-6b	Resultado ensayo de ultrasonido	184
Figura C16-7	Análisis de ultrasonido	185
Figura C16-7a	Análisis de ultrasonido	185
Figura C16-7b	Análisis de ultrasonido	185
Figura C16-8	Proceso de instalación de ultrasonido en viga aérea	186
Figura C16-9	Marcación de aceros en columna	186
Figura C16-10	Extracción de núcleos en columna	186
Figura C16-11	Equipo de medición de Ferrosan	186
Figura C17-1	Encamisado de columnas del edificio # 2	203

Capítulo 1 Introducción e información general

El presente estudio patológico corresponde a la inspección técnica y profesional de las edificaciones correspondientes a la INSTITUCIÓN EDUCATIVA FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN -FDI- ubicadas en la ciudad de Barranquilla. El objetivo del presente estudio es el de arrojar resultados de la cuantificación, clasificación y calificación de todo lo que corresponde al estado general de las edificaciones, todo esto dentro de los parámetros establecido por las autoridades competentes y con formatos con alto grado de detalles textuales y gráficos para que se tenga a disposición información detallada.

Para el desarrollo del presente estudio patológico será necesario poseer información detallada y actualizada del inmueble (planos arquitectónicos, estructurales, estudios de suelos, planos de modificaciones, escrituras, registros fotográficos etc.); junto con la facilidad de acceder a cada uno de los puntos que son objeto de inspección. De esta manera, el presente estudio patológico podrá revelar las lesiones y deterioros de las edificaciones pertenecientes a las instalaciones del FDI, lo cual permitirá determinar los planes de acción a tomar; que incluirán tanto la alternativa de demoler los edificios, como la elaboración de un plan de intervención, mantenimiento y/o conservación que permitan justificar el nivel de intervención:

- Obra nueva
- Remodelación de fachadas
- Remodelación de interiores
- Remodelación general

En tal sentido se presenta este documento como justo y oportuno para tener un acceso real y no virtual a las Edificaciones de la INSTITUCIÓN EDUCATIVA FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN -FDI, partiendo desde puntos de vistas objetivos, claros y específicos.

A través del presente estudio patológico se propone evitar los riesgos y posibles daños físicos para las personas que habitan en dicho inmueble y se permitirá acometer las medidas necesarias para prolongar la vida útil de las edificaciones; lo cual es el primer paso para establecer un manual de mantenimiento adecuado, prevenir intervenciones o rehabilitaciones más costosas para los propietarios, identificar las necesidades reales y no temporales del edificio y las tomar las medidas para garantizar la accesibilidad a todas las personas durante toda la vida útil de las edificaciones.

Capítulo 2 Objetivos

- 2.1 Objetivo general

Realizar el estudio patológico de las edificaciones ubicadas en la carrera 53 # 61-123, en la ciudad de Barranquilla; este estudio comprende el análisis y recopilación de la historia clínica de las edificaciones, la elaboración y planteamiento del diagnóstico y las propuestas de intervención.

- 2.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información primaria y secundaria referente a la historia clínica del paciente estructural.
- Evaluar la vulnerabilidad estructural de las edificaciones objeto de estudio.
- Analizar y diagnosticar el estado de actual de las edificaciones objeto de estudio.
- Definir las propuestas de intervención para el restablecimiento y /o ampliación de la vida útil de las edificaciones.

Capítulo 3 Justificación

Las edificaciones correspondientes a las instalaciones de la institución educativa FDI son edificaciones construidas aproximadamente hace 50 años y a lo largo de su vida útil han sufrido modificaciones que han afectado su funcionabilidad, a continuación, citamos aspectos claves que justifican el presente estudio patológico

A partir de este punto nos referiremos al edificio # 1 como el edificio de 2 pisos y el edificio # 2 corresponderá a el edificio de 4 pisos; teniendo claro lo anterior se realizan los siguientes comentarios de cada una de ellas.

Desde la construcción del edificio # 1 en la década del 50 se han presentado modificaciones importantes en su estructura inicial, la cual fue concebida como una construcción de un (1) piso y posteriormente le fue adicionado un piso sin que se hubiese hecho la respectiva actualización estructural, lo cual ha evidenciado un deterioro progresivo de los elementos estructurales que lo conforman.

Por su parte el edificio #2 fue sometido a un cambio de uso (de edificio residencial a edificio institucional) afectando la estructura de este, puesto que se han hecho adiciones significativas a la estructura inicial sin evaluar su capacidad estructural; generando en el edificio # 2 un deterioro generalizado del edificio y sus diversos componentes.

Por lo anteriormente mencionado, se lograron identificar un sin número de patologías menores y mayores, las cuales deben ser estudiadas y afrontadas de manera óptima ya que de no hacerlo se podrán convertir a futuro en patologías de mayor complejidad afectándose la integridad estructural de la edificación, lo cual acarrearía mayores costos económicos y afectaciones a los usuarios.

Dichas afectaciones se enmarcan dentro de tres aspectos principales como son la parte económica, puesto que una estructura altamente deteriorada y/o en mal estado indiscutiblemente desvaloriza la propiedad lo cual afecta directamente el patrimonio de los propietarios; en la parte social, una estructura deteriorada y en malas condiciones impacta negativamente el sector donde se implanta pues genera deterioro en las construcciones colindantes y ocasiona que la población eventualmente migre hacia otros sectores generando abandono del sector y una apropiación negativa de éste; y el aspecto ambiental se vería también afectado en cuanto a que, primero, la contaminación visual que genera una estructura deteriorada y segundo, ante un posible abandono del predio, éste entraría a actuar como foco de recolección de desechos generados por la población colindante a éste.

Finalmente, este estudio de patología ofrecerá una ayuda de importancia significativa para la formación profesional de los autores, permitiendo complementar los conocimientos adquiridos en el aula con los suministrados en el campo laboral, del mismo modo guiará a futuros profesionales cuyo enfoque coincida con el asumido en la investigación.

Capítulo 4 Alcance

Se pretende con el presente estudio patológico revisar el comportamiento y el estado de los edificios #1 y # 2 de la institución educativa Fundación para el Desarrollo de la Investigación -FDI- apoyados en la caracterización de los materiales identificados, en los ensayos e inspecciones en campo, identificación de los suelos, levantamiento de las lesiones existentes y del estado actual de los componentes tanto estructurales como no estructurales de las edificaciones, y en la determinación de la capacidad portante, así como la existencia de otros problemas especiales que requieran un manejo puntual.

De manera específica se realizará la Historia Clínica y diagnóstico integral de los edificios 1 y 2 pertenecientes a las instalaciones de la institución educativa Fundación para el Desarrollo de la Investigación -FDI- ubicado en la ciudad de Barranquilla en la carrera 53 # 61 – 123 Barrio El Prado. Una vez obtenida la información requerida se procederá a identificar las lesiones, daños y el tratamiento a seguir para subsanar dichos hallazgos. Para el desarrollo del estudio se procederá a identificar los procedimientos adecuados de reparación, la propuesta de intervención y las soluciones específicas.

Capítulo 5 Metodología

A continuación, se presentará las actividades a realizar para la elaboración del siguiente proyecto y se aclarará la información disponible suministrada por parte de los propietarios de la edificación:

- Recopilar la información planimétrica de la estructura con el propietario.
- Realizar visita a la institución educativa Fundación para el Desarrollo de la Investigación -FDI- con el fin de tener imágenes y descripciones de aquellos daños a los que se realizarán los estudios.
- En caso de no contar con información relacionada con el estudio de suelo del sitio, previo a la construcción de las edificaciones, se realizará un estudio de suelo por medio de una exploración de campo elaborada por el método de percusión tomando como base la información obtenida en la investigación previa.

La tabla 1 presenta los ensayos de laboratorio que será requeridos como mínimos para a considerar en el estudio de suelo,

Tabla 1: ENSAYOS DE LABORATORIO REQUERIDO EN EL ESTUDIO DE SUELO

<i>Ensayos de laboratorio</i>	<i>Norma ASTM</i>	<i>Norma INVE</i>
Contenido humedad natural	ASTM D 2216-22	INVE 122-13
Granulometría por tamizado	ASTM D 422-63	INVE 123-13
Límite de Atterberg	ASTM D 4318-95	INVE 125-126-1
Peso unitario	ASTM D 7263-09	INVE 217-13

Fuente: CONSTRUSUELOS, 2018

- El propietario actual de la edificación suministró unos planos arquitectónicos del estado actual, en formato digital, tanto del edificio # 1 como del edificio #2. No fueron suministrados planos estructurales de ninguna de las dos edificaciones, por

tanto, se procedió a hacer el levantamiento estructural, del cual se determinaron, la altura de los entresijos, dimensiones de elementos estructurales y no estructurales.

5.1 Ensayos de exploración de las edificaciones para la recopilación de información primaria

Con la documentación obtenida por parte del propietario concerniente a los planos arquitectónicos y estructurales se establecerá la localización y número de los ensayos destructivos y no destructivos a utilizar para la auscultación y exploración de las edificaciones. A continuación, se mencionarán los ensayos a considerar:

- Ensayos con ferroskan, en este sentido se tomaron datos geométricos, cantidad y tipo de acero como parte de la exploración planteada.
- Ensayos de resistencia a la compresión
- Ultrasonido
- Elaboración de un perfil estratigráfico del subsuelo.
- Exploración en sitio para determinar las dimensiones de la cimentación existente
- Presentar el tratamiento final de la estructura.

A continuación, en la tabla 2 se presentan los ensayos destructivos y no destructivos ejecutados y las cantidades correspondientes.

Tabla 2: ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

<i>ENSAYO</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>
Extracción de Núcleos y fallo para obtener la resistencia	UND	4
Mapeo Directo- Regatas	UND	3
Sondeo de suelos	UND	1
Mapeo con ferroskan	UND	8
Carbonatación	UND	4
Lecturas de velocidad de onda con ultrasonido	UND	8

Fuente: Autores

Capítulo 6 Selección del Paciente

Para la selección del paciente se hizo un análisis previo, ya que el mismo debe contar con ciertas características patológicas para un estudio completo e interdisciplinario, donde se abarcará diferentes disciplinas con el fin de dar un aporte para futuros informes.

Las particularidades presenten para la escogencia del paciente fueron las siguientes:

- Estructuras con área en m² significativa.
- Presencia de fenómenos de envejecimiento y deterioro en fachadas y en espacios internos
- Presencia de diversas tipologías de lesiones (física, química o mecánica)
- Muros confinados asimétricos en el edificio #1
- Problemas de corrosión en pórtico metálico del edificio #1
- Discontinuidad estructural en edificio #2

Capítulo 7 Planteamiento del Estudio

Desde hace décadas se han desarrollado gran cantidad de obras ingenieriles, específicamente en la construcción de edificaciones en la ciudad de Barranquilla, llevando a cabo la evolución de la ingeniería civil y crecimiento de la misma ciudad.

Debido a las modificaciones de la topografía del área metropolitana a causa del crecimiento urbano, surge la necesidad que muchas empresas y el estado se planteen en construir y ampliar la ciudad con vías, puentes, centros comerciales, escuelas, edificios comerciales y de viviendas. Para esta iniciativa se debe evaluar geológica, ambiental y geotécnicamente la zona para luego establecer parámetros que son los utilizados para la construcción.

Hoy en día existen muchas disciplinas que acompañada con la ingeniería civil velan por el cumplimiento de las normas de construcción para las diversas estructuras y existen otras como la patología que busca diagnosticar y recomendar alternativas de intervención para recuperar las construcciones afectadas y prevenir lesiones en futuras construcciones.

La vulnerabilidad de las estructuras suele reflejarse a través de patologías que aparecen en las edificaciones, ocasionando múltiples efectos, desde pequeños daños y molestias para sus ocupantes, hasta grandes fallas que pueden causar el colapso de la edificio o parte de ella. La diversidad de patologías que se manifiestan en las edificaciones es infinita; además de ser un tema muy complejo. Difícilmente se logra determinar con precisión, las causas o motivos de muchas de las manifestaciones que presentan las estructuras; en muchos casos ni siquiera la experiencia de un experto es suficiente para dar una respuesta totalmente certera. Por ejemplo, las causas de aparición de una grieta en un

edificio pueden ser múltiples; algunas veces es posible identificarlas fácilmente, pero otras veces no lo es. Una manera sencilla de clasificar las patologías que se presentan en las edificaciones es subdividiéndolas según su causa de origen. De acuerdo con esto, las patologías pueden aparecer por tres motivos: Defectos, Daños o Deterioro.

En el proceso de construcción y urbanismo se edificaron estructuras que con el tiempo han cedido por no haber contado con los estudios previos necesarios o simplemente por no haber previsto los cambios geomorfológicos que se podrían experimentar según el suelo donde se llevó a cabo, tal es el caso puntual y objeto de estudio de las edificaciones de la institución educativa Fundación para el Desarrollo de la Investigación -FDI, cuyas instalaciones se encuentran localizadas en la ciudad de Barranquilla en la carrera 53 # 61 – 123 del Barrio El Prado. El FDI consta de dos edificaciones. El edificio #1 corresponde a una construcción de dos pisos cuyo uso es compartido entre locales comerciales y la otra parte es ocupada por las instalaciones de la institución educativa FDI.

El edificio #2 es un edificio de 4 pisos utilizado en su primer piso como área de oficinas administrativas de la institución FDI y del segundo piso hasta el cuarto es utilizado como salones de clase de la institución educativa FDI el cual presenta alto grado de deterioro, asentamiento, vulnerabilidad sísmica, fisuras y grietas.

El estudio propuesto resulta de vital importancia por los daños acumulados que presentan las edificaciones de la institución FDI; y la necesidad de diagnosticar las causas y establecer los correctivos antes de seguir favoreciendo el deterioro y como tal incrementando los costos de restauración, sin dejar a un lado el daño que este podría causar a su entorno. Del mismo modo permite desde el enfoque académico poder poner en práctica

los conocimientos adquiridos en la especialización y en el campo, y que esto sea un aporte para la investigación de futuros estudios patológicos.

- 7.1 Preparación de formatos para levantamiento y recopilación de información

Los formatos para levantamiento y recopilación de la información se harán de acuerdo con la fase de la investigación y serán mencionados de acuerdo a las necesidades en el cuerpo del presente documento o en los anexos correspondientes; estas fases son:

- Fase de investigación preliminar - Se busca proporcionar la información inicial a la condición inicial de la estructura, el tipo y la gravedad de los problemas que la afectan a través de la observación de campo y la toma de datos. Aspectos que proporcionan la necesidad de realizar una investigación detallada.
- Fase de investigación detallada - Se efectuará una vez se haya completado la investigación preliminar. Esta se puede dividir en fases: fase de documentación, donde se complementa la información preliminar; fase de observación de campo, donde se afianza y consolida lo realizado en la fase preliminar; fase de muestreo y ensayos; y la fase de evaluación, donde se contrasta la información y datos obtenidos con la norma, las dimensiones reales del proyecto conforme a los planos, los resultados de las pruebas de laboratorio para determinar la capacidad estructural y las recomendaciones de rehabilitación.
- 7.2 Forma de almacenar y tabular la información

Tanto para la fase de investigación preliminar, como para la fase de investigación detallada del proyecto se utilizaron los formatos compilados en el Anexo I, II, III.IV.

- 7.3 Proceso de recopilación de información en el campo

Se realizó la recopilación de la información inicialmente con el propietario actual del edificio en estudio con el cual se pudo conseguir los planos arquitectónicos del estado actual del edificio, escrituras y certificado de libertad y tradición vigentes. En los planos suministrados por el propietario se evidencio que el edificio #1 corresponde a una edificación de dos pisos cuyo uso es compartido entre locales comerciales y la otra parte es ocupada por las instalaciones de la institución educativa FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN FDI.

El edificio #2 es un edificio de 4 pisos utilizado en su primer piso como área de oficinas y del segundo piso hasta el cuarto es utilizado como salones de clase de la institución educativa FDI.

- 7.4 Alcances de la exploración

Para la realización del levantamiento estructural se toma como base los documentos obtenidos en la investigación campo realizada, sobre esta información esbozar los datos geométricos de los elementos estructurales y realizar los comparativos y correctivos que sean necesarios. Además, se realizarán los siguientes trabajos de tal manera que permitan dibujar las características geométricas y el refuerzo de cada uno de los elementos, así:

- Para toma de datos de vigas y viguetas:

Los planos arquitectónicos servirán como base para el levantamiento estructural, sobre estos se levantarán las características geométricas de las vigas y viguetas para lo cual se realizarán regatas y desmonte de techos en diferentes puntos de cada piso, de tal forma

que permitan establecer las medidas o características geométricas de cada uno de los elementos. En este sentido también se identificarán las vigas principales y secundarias.

Paralelamente a la verificación geométrica se realizarán regatas para detallar la cantidad y tipo de acero de cada elemento y todos los demás trabajos de exploración con ensayos destructivos y no destructivos., tales como ferroskan y/o extracción de núcleos.

- Para toma de datos de columnas

Igual que ítem anterior se procederá partiendo de la base de planos arquitectónicos, para estos elementos se harán regatas como parte de ensayos destructivos y como parte de los no destructivos se procederá con ferroskan. En este sentido se tomarán datos geométricos, cantidad y tipo de acero como parte de la exploración planteada.

- 7.5 Permisos y autorizaciones al paciente

El viernes 19 de enero se realiza una reunión con el Sr. Néstor Orlando Diaz Hernández, propietario del inmueble, para tramitar el permiso a la visita de inspección al paciente y presentarle la propuesta para el estudio patológico al respectivo edificio.

El miércoles 24 de enero se realiza la primera visita de inspección al inmueble y se realizan los primeros registros fotográficos de los principales daños a la estructura.

- 7.6 Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración

Para la realización de los trabajos de exploración es necesario contar con el siguiente personal para realizar las labores:

- | | |
|----------------------------|---|
| • Ingeniero residente | 1 |
| • Perforadores | 2 |
| • Técnico en exploraciones | 3 |

- Maestro de obra 1
- Ayudante 1

- 7.7 Medidas preventivas durante la exploración

- Ubicación sobre planos de los sitios donde se hará el estudio.
- Programación de las actividades a realizar.

Cada vez que se inicie la actividad se tiene previsto realizar lo siguiente:

- Encerrar el área de trabajo con cintas de demarcación.
- Cubrir con plástico de piso a techo, para evitar que el polvo y material producto de las actividades que invada o ensucie otras áreas.
- Cubrir con plástico el área de trabajo de tal forma que se evite que el agua que se utiliza para la extracción de núcleos invada o moje redes de cableado o energía o moje otras áreas.
- Una vez se termine la labor diaria se retirarán los plásticos y cintas y se hará una limpieza del sitio.
- El material producto de la actividad será depositado en lonas o bolsas plásticas en el sitio destinado para los desechos o basuras.
- El sitio de las regatas será cubierto con cartón hasta el momento de la reparación que se realizará posteriormente.
- Para la elaboración de regatas se utiliza una pulidora para demarcar el área y posteriormente se utilizará un taladro percutor hasta encontrar los aceros del elemento.

- Para la extracción de núcleos se utilizará un taladro saca núcleos que utiliza agua para lubricar el proceso, la extracción se realizará aprovechando el mismo sitio de las regatas con el ánimo de evitar que se produzcan cortes en aceros.

Capítulo 8 Historia Clínica

- 8.1 Responsables del estudio

Los responsables del proyecto Estudio de Patológico de las instalaciones de la Institución Educativa FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN -FDI- en la ciudad de Barranquilla son los siguientes estudiantes de la Especialización de Patología de la Construcción Cohorte 2016-02 sede Bogotá de la Universidad de Santo Tomas:

- Vanessa Carolina Buenahora Bonfante, Ingeniera Geóloga, Universidad Central De Venezuela, 2010
- Mariana Gärtner Jaramillo, Arquitecta, Universidad Nacional De Colombia, 2004
- María Claudia Romero Martínez, Ingeniera Civil, Universidad de Cartagena, 2008
- Darío Alberto Beltrán Núñez, Ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia, 2014.

- 8.2 Fecha de realización del estudio

Los estudios de patología del edificio Institución Educativa FDI se harán desde el mes de abril hasta noviembre del año 2018.

- 8.3 Autorización del estudio

La autorización para la realización del estudio a las edificaciones fue otorgada por parte del señor Néstor Orlando Diaz Hernández, propietario del inmueble.

- 8.4 Datos generales del paciente

8.4.1 Nombre. La edificación seleccionada para el presente trabajo profesional integrado TPI corresponde a la Institución Educativa Fundación para el Desarrollo de la Investigación -FDI-

8.4.2 Localización. Las instalaciones de la institución educativa FDI se localizan en el Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, Colombia; en la siguiente dirección Carrera 53 # 61 – 123, Barrio El Pardo, uno de los sectores más tradicionales y emblemáticos de la ciudad por su arquitectura representativa, la cual con los años aún se conserva en gran parte del entorno, no obstante, la aparición de estructuras con lenguajes más contemporáneos. El sector cuenta con una localización estratégica dentro de la ciudad, por su cercanía a edificios residenciales, comerciales y bancarios. A continuación, la figura C8-1 presenta la ubicación geográfica de la edificación del FDI.



Figura C8-1. Ubicación geográfica. Adaptado de Google Maps 2019

8.4.3 Uso. Posterior a la revisión documental suministrada por el propietario se estableció que los edificios #1 y #2 fueron inicialmente concebidos como edificaciones residenciales de uno (1) y cuatro (4) pisos respectivamente. El edificio #1 posteriormente fue modificado y paso de ser una vivienda de 2 pisos a una edificación de uso institucional; al respecto de estas modificaciones no se cuenta con la fecha exacta en las que se realizaron. Para el edificio #2 se estableció (con ayuda del certificado de libertad y tradición y de las respectivas escrituras) que fue concebido como un edificio residencial de 4 pisos y 8 apartamentos de nombre Edificio San Carlos y posteriormente pasó a ser una edificación de uso institucional.

8.4.4 Fecha de la construcción. El edificio #1 se estima que fue construido aproximadamente entre los años 1956 y 1957, esto se estimó a partir de la fecha de radicación y aperturas de las escrituras o certificado de libertad y tradición la cual fue en el año de 1957, además se estiman que se tuvieron modificaciones en su estructura donde se adiciono un segundo piso y de las cuales no se tiene información de la fecha, pero lo confirmó el actual propietario. Como resultado de lo anterior se estima aproximadamente una antigüedad de 60 años.

El edificio #2 se estima que fue construido aproximadamente entre los años 1970 y 1975, esto se estimó a partir del certificado de libertad del inmueble con matrícula # 040 - 28925 de 1996, donde se realiza el englobe de la edificación conocida con el nombre de Edificio San Carlos de uso residencial que cuenta con 8 apartamentos y pasa a ser edificio institucional con salones de clases con escrituras registradas a partir de diciembre de 1994,

propiedad de la Universidad de la Costa. Como resultado de lo anterior se estima una antigüedad aproximadamente de 45 años.

8.4.5 Uso actual y previsto. El edificio #1 corresponde a una edificación de dos pisos, ver figura C8-2 donde se presenta la fachada principal del edificio #1, cuyo uso actual es compartido entre locales comerciales y la otra parte es ocupada por las instalaciones de la institución educativa FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN -FDI.



Figura C8-2. Fachada principal edificio #1. Fuente: Propia

El edificio #2 es un edificio de 4 pisos utilizado actualmente en su primer piso como área de oficinas y del segundo piso hasta el cuarto es utilizado como salones de clase de la institución educativa FDI. En la figura C8-3 se presenta la fachada principal del edificio #2 por donde se encuentra la zona de ingreso a la edificación.

Actualmente las edificaciones #1 y #2, según el Título A del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10 puede clasificarse en un 95% como

edificios de uso institucional y centro de enseñanza (con salones y oficinas) y el 5 % restante es utilizado como locales comerciales ubicados en el primer piso del edificio #1. Por lo tanto, según la NSR-10 se clasifica como estructura de Grupo de Uso III – Edificaciones de atención a la comunidad.



Figura C8-3. Fachada principal edificio #2. Fuente: www.googlemaps.com

En la figura C8-4 se presenta la definición del grupo de uso III, según la NSR-10 y las distintas edificaciones que hacen parte de éste.

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

Figura C8-4. Definición del grupo de uso III. Fuente: NSR10

8.4.6 Importancia. Según la NSR-10 Título A.2.5.2 se asigna un coeficiente de importancia I a las estructuras según el Grupo de Uso al que estas pertenecen. El coeficiente de importancia I, modifica el espectro, y con ello las fuerzas de diseño.

Debido a que las edificaciones pertenecen al grupo de Uso III el valor del coeficiente de importancia según la tabla A.2.5-1 es igual a 1.25.

Tabla 4: VALORES DEL COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

Tabla A.2.5-1 NSR-10

GRUPO DE USO	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: NSR-10.

8.4.7 Sistema estructural y constructivo. El edificio #1 no cuenta con un sistema estructural definido para toda la edificación, debido a que en la inspección se encontraron pórticos de concreto en un solo sentido en una parte de los locales, y mampostería en ladrillo en la parte posterior de los mismos cerca del 45% llega a la losa del entrepiso, de igual manera se encontró un pórtico metálico en IPE120 confinando un muro, pero con alto grado de deterioro por corrosión.

El sistema estructural del edificio #1 se clasificará para su estudio según la NSR-10 en el título A.3.2.1.3, como sistema estructural de muros de carga, con muros en mampostería confinada. Estos muros en mampostería confinada resisten tanto las fuerzas horizontales o sísmicas como las cargas verticales. En la figura C.8-5 se presenta la planta estructural del primer piso de la edificación #1.

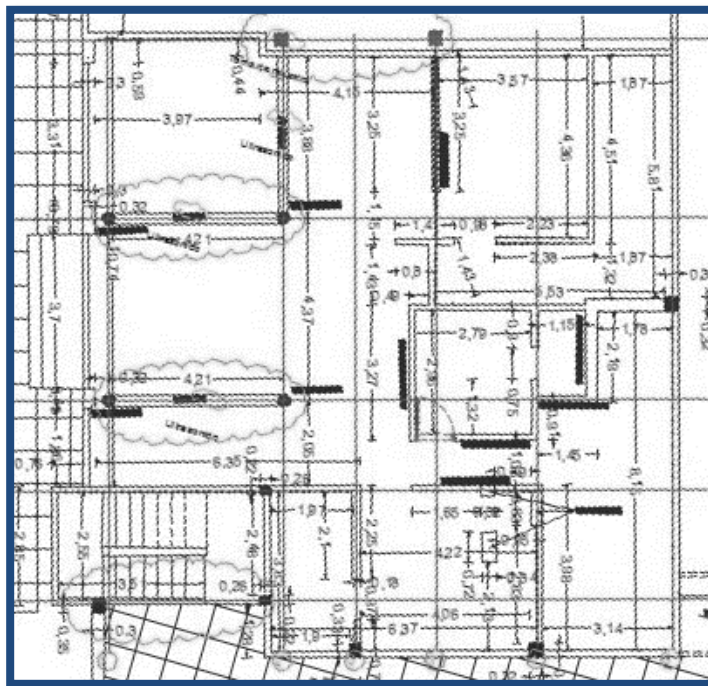


Figura C8-5. Levantamiento estructural primer piso edificio#1. Fuente: Autores,2018.

El sistema estructural del edificio #2 se puede clasificar según la NSR-10 en el título A.3.2.1.3, como sistema de pórtico estructural. El sistema estructural del edificio #2 se encuentra conformado por pórticos en concreto reforzado en dos sentidos, resistente a momentos, que resisten todas las cargas verticales y fuerzas horizontales, con columnas rectangulares y circulares.

Dado a que el sistema de pórtico estructural es un sistema de uso tradicional, se asume que la metodología constructiva utilizada fue fundida de losas aligerada conjunto con vigas y viguetas y fundida posterior de columnas. Conservando la fundida del nudo viga columna de manera completa permitiendo la integridad de sistema estructural.

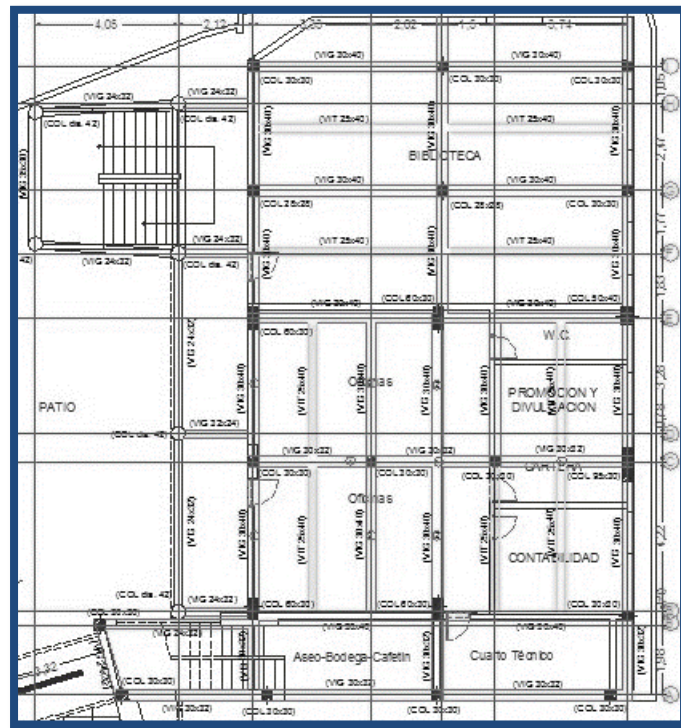


Figura C8-6. Planta estructural edificio #2. Fuente: Levantamiento estructural

8.4.8 Normativa actual que lo rige. Actualmente la norma que rige cualquier evaluación y/o intervención que se quiera realizar sobre las edificaciones ubicadas en la dirección carrera 53 # 61- 123 es el “REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTE NSR-10” y este por medio de su capítulo A-10 “Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”, establece los criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes diseñadas y construidas con anterioridad.

8.4.9 Tipo de cimentación. En el edificio #1 dado que no se cuenta con planos estructurales de las edificaciones, se realizó la exploración de la cimentación en la columna D3 que está ubicada sobre un callejón, donde se encontró que las columnas del edificio #1 está

cimentada sobre un dado de dimensiones de 0,70x0,80 cm a una profundidad de 0,70 cm. De los muros se estima que por la edad de construcción se encontraran sobre un sobrecimiento del mismo material del muro o en concreto ciclópeo. Debido a petición del cliente, por estar la edificación en uso y por limitaciones de espacio no se nos fue permitido explorar los muros. En la figura C8-7 se presentan el hallazgo de la cimentación del edificio #1 durante la exploración de campo.



Figura C8-7. Dado de cimentación D3 edificio #1. Fuente: Propia

En el edificio #2 durante la exploración en sitio (para determinar las dimensiones de la cimentación existente) no se encontró a una profundidad de 2,50m la presencia de algún sistema de apoyo de la columna por lo cual se cree que el apoyo de la edificación puede estar en un estrato más profundo debido a que según el estudio de suelo se menciona que los dos primeros estratos presentan unas arenas de compacidad suelta no ideal para soporte de la estructura. La figura C8-8 presenta la exploración realizada en la edificación

#2, en donde se evidencio que hasta la profundidad explorada (2,50 m) no se encontró la presencia de la cimentación.



Figura C8-8. Excavación para reconocimiento de cimentación edificio #2. Fuente: Propia

8.4.10 Altura de edificio. Edificio #1: La estructura está conformada por dos niveles y su altura total es de 6mts. A continuación, se presenta en la ilustración C8-9 y C8-9a una vista frontal de la fachada principal.



Figura C8-9. Vista frontal edificio #1. Fuente: Propietario

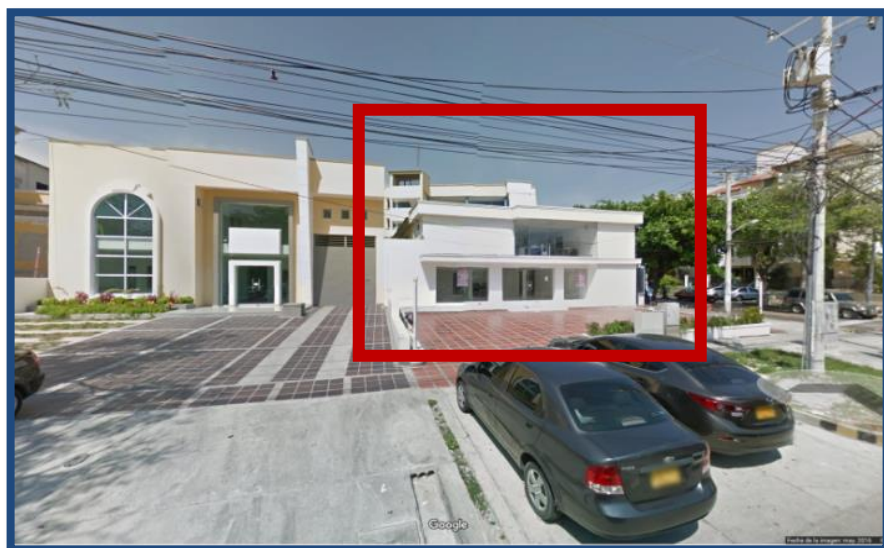


Figura C8-9a. Vista frontal edificio #1. Fuente: www.googlemaps.com

Edificio #2: La estructura está conformada por cuatro niveles y su altura total es de 13.17 mts. A continuación, se presenta en la ilustración C8-10 y C8-10a una vista de frontal de la fachada principal.

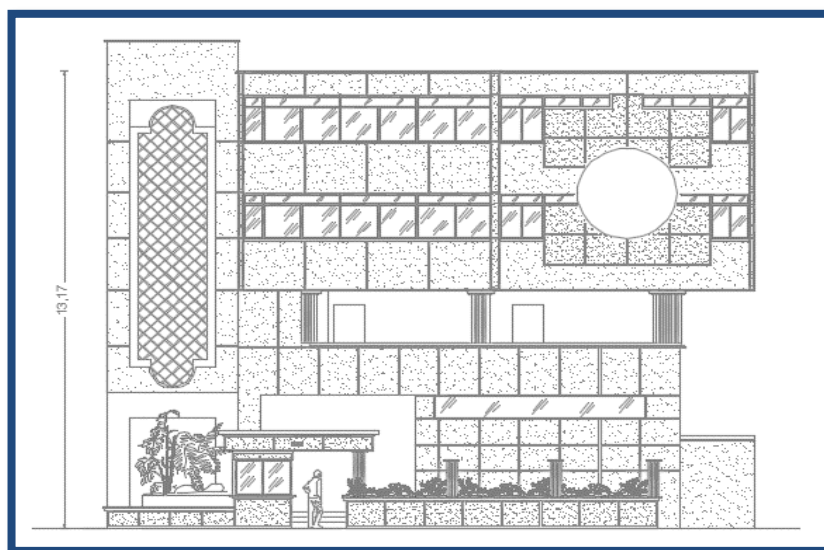


Figura C8-10. Vista frontal edificio #2. Fuente: Propietario

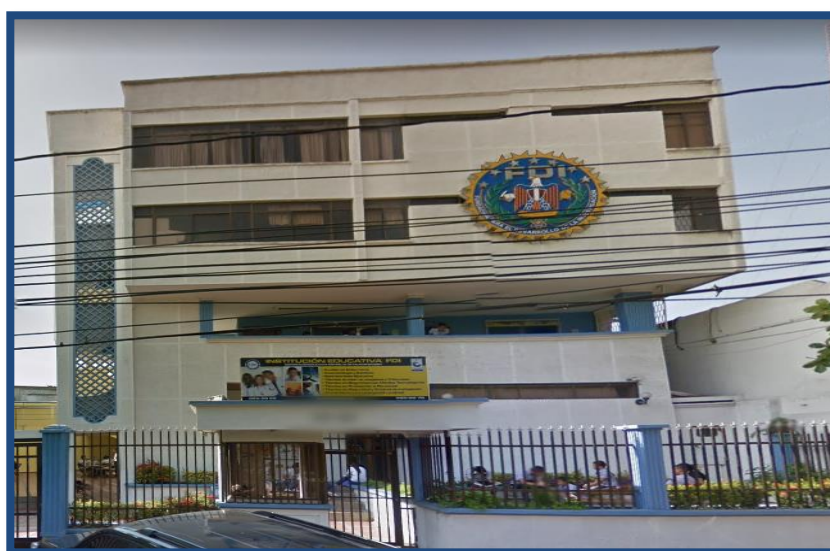


Figura C8-10a. Vista frontal edificio #2. Fuente: www.googlemaps.com

8.4.11 Área de la edificación. A continuación, se presentan las áreas en m² de cada uno de los edificios. En la tabla #5 se presenta un cuadro de las áreas contabilizadas producto del levantamiento estructural y los planos entregados por el propietario.

Tabla 5: CUADRO DE ÁREAS DE LAS EDIFICACIONES DEL FDI

EDIFICIO #1	ÁREA EN M2
1° PISO	314
2° PISO	255
EDIFICIO #2	ÁREA EN M2
1° PISO	320
2° PISO	268
3° PISO	321
4° PISO	321
M2 TOTALES CONSTRUIDOS X LOTE	
LOTE 1	559
LOTE 2	1230
M2 TOTALES CONSTRUIDOS	
1789	

Fuente : Autores

8.4.12 Número de pisos. Edificio #1: El edificio # 1 cuenta con dos niveles. Edificio #2: La edificación # 2 cuenta con cuatro niveles.

- 8.5 Estado General de la Construcción.

En lo referente a la parte estructural de las instalaciones de la institución FDI, tanto el edificio #1 como la edificación #2 cuentan con lesiones de deterioro visible. El edificio #2 evidencia grietas y fisuras en cubierta, vigas, columnas y en paredes externas e internas. Por su parte la cubierta del edificio #1 se encuentra en regular estado lo que está ocasionando presencia de humedades en algunos muros del segundo piso y humedades generalizadas en las fachadas que han generado algunas lesiones como eflorescencias en el área de fachada y fisura en la parte interna de los muros.

Otra evidencia del estado general de las edificaciones se refiere a posibles prácticas inadecuadas de impermeabilización en la cubierta del edificio #2 debido a filtraciones de

agua por defectos estructurales o defectos de los materiales de construcción o el desgaste de estos, asociadas a las humedades por capilaridad.

Esta humedad tiene lugar a filtraciones laterales de agua y son muy comunes en este tipo de edificaciones antiguas, así como también en construcciones modernas en estructuras elaboradas en concreto.

Dentro de las posibles causas de estas humedades:

- Alta relación a/mc.
- Compactación deficiente del concreto.
- Juntas mal elaboradas.
- Fisuras por retracción plástica o asentamiento diferencial que provocan la filtración.

Algunas grietas que se observan en la fachada pueden irse acentuando y actuar como vehículo para la humedad.

Dentro de todas estas consideraciones la consecuencia no es otra que la degradación estructural, la oxidación del hierro y el desprendimiento del recubrimiento como es apreciado internamente en la edificación

El estado de fachada posterior del edificio #1, presenta un muy mal estado de conservación de pañetes y acabados de pintura.

En el aspecto arquitectónico, el edificio #1 no tiene un lenguaje arquitectónico armonioso, debido a las múltiples modificaciones que ha sufrido la estructura inicial a lo largo del tiempo y, por el contrario, ha sido objeto de ampliaciones espontáneas sin ningún estudio o análisis técnico, lo cual hace evidente su deterioro generalizado.

El edificio #2 por el contrario se muestra más equilibrada en cuanto a volumetría, geometría y acabados, a pesar de haber sufrido un cambio de uso (residencial-institucional), se conserva una misma línea de lenguaje, sin embargo, también se presenta un nivel de deterioro ya que estas modificaciones se lograron más por una necesidad de uso, sin un estudio o análisis previo.

De manera general la apariencia visual de las edificaciones no revele una gravedad inminente que pueda afectar el adecuado funcionamiento y comportamiento de las edificaciones. Pero posterior a la revisión de la documentación primaria y de las visitas de campo, se confirma que por la edad de las edificaciones ambas se encuentran por fuera de las normativas de diseño actuales vigentes en el país (Reglamento Colombiano de construcciones sismo resistente NSR-10) y adicional a lo anterior sufrieron cambios de uso, por consiguientes cambios en las cargas concebidas originalmente para el diseño de estas. De lo anterior se deduce que la estructura puede ser insuficiente para las cargas actuantes en la misma según las normativas de diseño en Colombia.

Lo anteriormente expuesto se corroborará por medio de un análisis y revisión estructural de la edificaciones.

8.5.1 Intervenciones Previstas. De la investigación realizadas (trabajo de campo y revisión documental) de las estructuras se pudo constatar que la tanto en el edificio # 1 como en el edificio # 2 se han realizado modificaciones tanto arquitectónicas como estructurales.

Edificio #1: Dado a las características del primer nivel, se evidencia que originariamente la edificación solo era de un solo piso el cual posteriormente se realizaron modificaciones y se construyó el segundo piso subiendo solamente los muros en

mampostería, por medio de vigas y losas del primer piso. De las anteriores modificaciones no se tiene información de la fecha exacta, pero fue confirmado por el actual propietario.

Edificio #2: Dado a las características de la edificación, anteriormente conocida como Edificio San Carlos y de acuerdo con el certificado de libertad y tradición original de la edificación, esta edificación inicialmente era de uso residencial, contaba con 4 pisos y 8 apartamentos, y posteriormente fue modificada para uso como institución educativa (salones de clase). Lo anterior pone en evidencia que algunos de los elementos estructurales o no estructurales fueron posiblemente suprimidos.

- 8.6 Fidelidad de los Planos

El propietario actual de la edificación suministro solamente unos planos arquitectónicos del estado actual tanto del edificio # 1 como del edificio #2. No fueron suministrados planos estructurales de ninguna de las dos edificaciones, por tanto, se procedió a hacer el levantamiento estructura, del cual se determinaron, la altura de los entrepisos, dimensiones de elementos estructurales y no estructurales.

- 8.7 Constatación del Estado

Tanto el edificio #1 como el edificio #2, se encuentran en mal estado, ya que es fácil apreciar según la inspección realizada fisuras generadas por diferentes factores, en muros internos y externos de las dos construcciones, de igual forma presenta filtraciones de agua en las placas de cubierta las cuales generan como consecuencia eflorescencias y levantamiento de acabados arquitectónicos internos, adicionalmente se convierte en focos para la aparición de lesiones tales ,como la corrosión de los aceros de refuerzo de la estructura.

El edificio #1 funciona actualmente bajo las cargas de servicio y no presenta ningún peligro para los ocupantes, sin embargo, el edificio # 2 presenta un cambio de uso lo cual hace que sea vulnerable estructuralmente, esto se puede reflejar en cada una de las lesiones que se pueden percibieron en el edificio #2 las cuales han sido progresivas en todos los años de la estructura. De forma preventiva a las grietas y fisuras observadas en los elementos estructurales se les debe estar haciendo un seguimiento constante para evaluar la integridad de la estructura, definir el grado de afectación del daño y establecer las medidas de intervención necesarias para la conservación del edificio.

- 8.8 Aplicación Patológica

Al analizar la documentación recolectada y con ayuda de entrevistas y la visita de inspección inicial a las instalaciones de la institución educativa FDI, se observa que el edificio #1 fue construida aproximadamente entre los años 1956 y 1957 por lo tanto a la fecha tiene una edad aproximada de 60 años. El edificio #2 fue construida entre los años 1970 y 1975 y cuenta con aproximadamente 45 años de antigüedad.

A continuación, se analizará el área de aplicación patológica a la cual corresponden las edificaciones.

8.8.1 Pediátrica. A pesar de que las edificaciones tienen aproximadamente entre 60 y 45 años de construidas, respectivamente, en ellas existen reparaciones y modificaciones al diseño original que se han venido realizando a lo largo de estos años de vida útil. Por lo anterior posiblemente se encontrará elementos relativamente nuevos (estructurales y no estructurales) que pudieron verse sometidos a deterioro y los cuales serán objeto del presente estudio.

8.8.2 Geriátrica. De acuerdo con la edad de las edificaciones, el edificio #1 cabe dentro del área del estudio de pacientes geriátricos; sin embargo, existen elementos no estructurales tanto en el edificio #1 y edificio #2 cuya vida útil es menor o sufrieron deterioros que las condujeron fuera de su vida útil de servicio. Esto se definirá con más detalle durante la ejecución de este estudio.

8.8.3 Preventiva. El área de aplicación de la patología preventiva es un “proceso de mantener y conservar una estructura en su condición presente y contrarrestar posteriores deterioros” (Sánchez, 2003). Entendiendo lo anterior muchas de las áreas del edificio #1 y del edificio #2 corresponden al área de aplicación de patología preventiva, con el objeto de evitar lesiones y/ o enfermedades futuras que lo conduzcan al deterioro.

Para poder llegar a la prevención de futuras lesiones y/o enfermedades que se encuentran afectando al paciente estas deben ser estudiadas, analizadas y corregidas de acuerdo con un proceso de intervención, en la búsqueda de mitigar o eliminar por completo la causa de la afectación y conservar al paciente y / o aumentar la vida útil.

8.8.4 Curativa. El área de aplicación de la patología Curativa incluye las actividades de reparación y rehabilitación del paciente. La enciclopedia Broto de patologías de la Construcción define la reparación como “un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos materiales, destinados a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad arquitectónica o estructural. Por otro lado, las actividades de rehabilitación comprenden según la enciclopedia de Broto “una serie de posibles fases: un proyecto arquitectónico para nuevos usos; un estudio patológico con diagnósticos parciales; reparaciones de las diferentes unidades

constructivas dañadas, y una restauración de los distintos elementos y objetos individuales para llevarla a una condición deseada” (Broto, 2006).

Se espera que nuestro paciente las instalaciones de la institución educativa FDI, sea sometido a las actividades de reparación y rehabilitación posterior a la finalización del presente estudio luego del diagnóstico definitivo y las propuestas de intervención que se presentaran al final de este.

8.8.5 Restauración. El área de aplicación de la restauración en la patología corresponde según (Sánchez, 2003) “al proceso de restablecer los materiales, la forma o la apariencia que tenía una estructura en una época determinada”, esto con el fin de transmitir sus valores y su significado histórico y cultural a la posteridad. En este caso las edificaciones objeto de estudio no son catalogadas como patrimonio histórico y/ o cultural por el instituto de patrimonio por ende el paciente a intervenir no se ve regido por los requisitos de una restauración.

8.8.6 Forense. Según la revista construcciones en acero en su publicación No 21 ingeniería forense, el área de aplicación de la forense en la patología “se encarga de la evaluación, revisión, investigación, presentación e historia de las fallas materiales, productos, estructuras o componentes que fallan, o no operan o funcionan como se ha previsto; causando lesiones a las personas o daños a la propiedad”. (Construcciones en Acero, 2016) De acuerdo con esta definición gran parte del proceso investigativo y de la formulación del diagnóstico del paciente que se realizara en esta investigación hace parte del área de aplicación de la forense.

Capítulo 9 Representación gráfica y levantamiento de los daños

A continuación, se procederá a describir y calificar el estado de deterioro o gravedad de los daños y lesiones encontradas en cada una de las edificaciones.

- 9.1 Lesiones en el edificio #1
- Lesión #1 Humedades: Se presentaron humedades en conexión dintel ventana con cielo raso del salón en el segundo piso. En la figura C9-1 se observa la lesión explicada previamente y la figura C9-1a presenta la ubicación de esta lesión en la planta del segundo piso.



Figura C9-1. Lesión: humedad. Fuente: Autores.

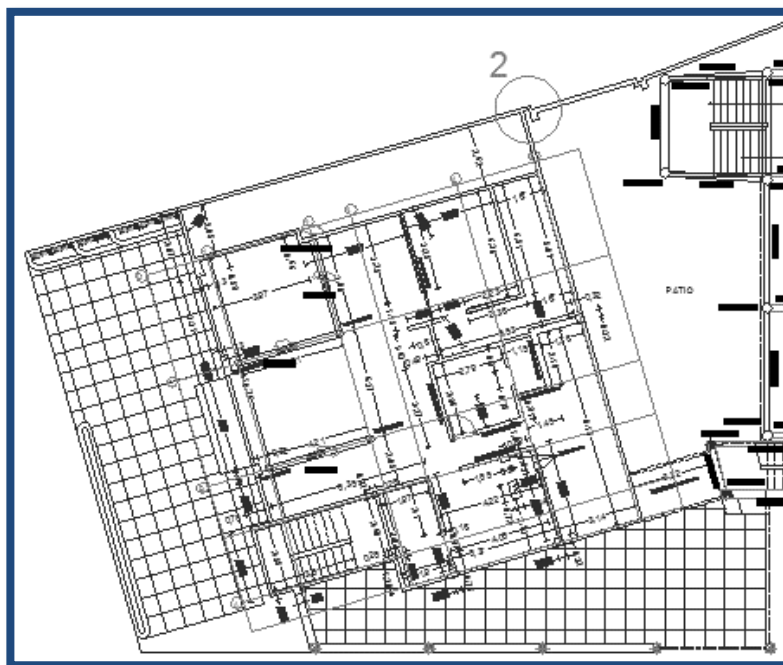


Figura C9-2b. Localización en planta

- Lesión #3 Grieta: En conexión losa pasillo - muro de cerramiento del edificio # 1.
En las figuras C9-3 y C9-3a se presenta fotografía de la fisura y la ubicación en el plano.

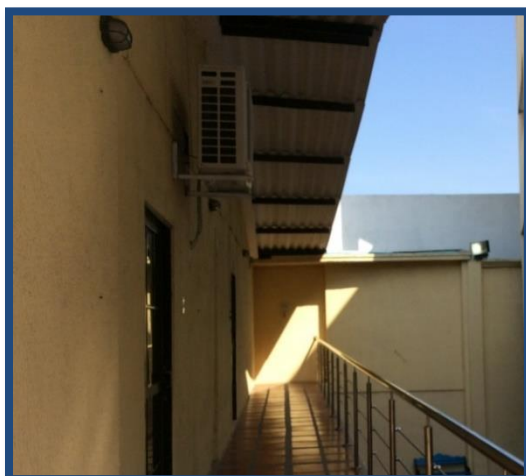


Figura C9-3. Lesión: grieta.
Fuente: Autores

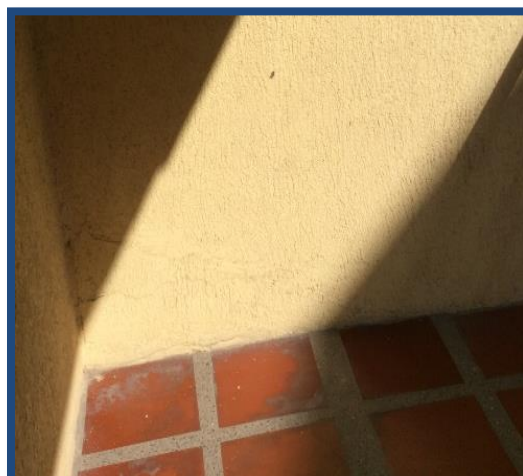


Figura C9-3a. Lesión: grieta.
Fuente: Autores.

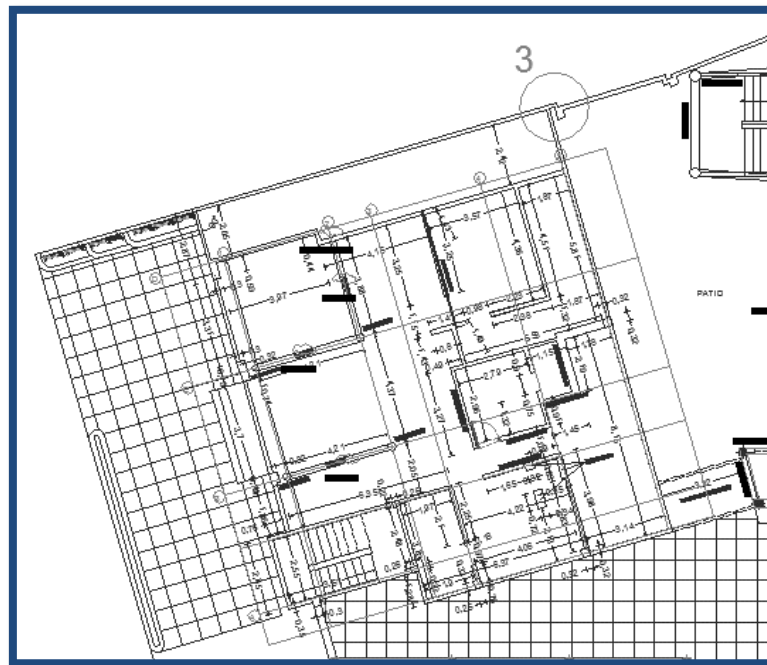


Figura C9-3b. Localización en planta. Fuente: Autores.

- **Lesión #4 Humedades:** Se evidenciaron humedades sobre la fachada del edificio # 1, lavado superficial, decoloración y presencia de cultivos biológicos, según (Guzma, 2003) “esto se da como consecuencia de la bioreceptividad que ofrece las superficie de concreto a la proliferación de microorganismo las cuales afectan el aspecto del concreto no sólo por las manchas y cambios de color; sino también, porque su principal efecto desfavorable es que mantienen húmeda la superficie del concreto, lo cual promueve mecanismos de deterioro como perdida de recubrimiento con la consecuente corrosión del acero. En las figuras C9-4 y C9-4a se presenta fotografía de la humedad encontrada y la ubicación en el plano.



Figura C9-4. Lesión: humedades. Fuente: Autores.

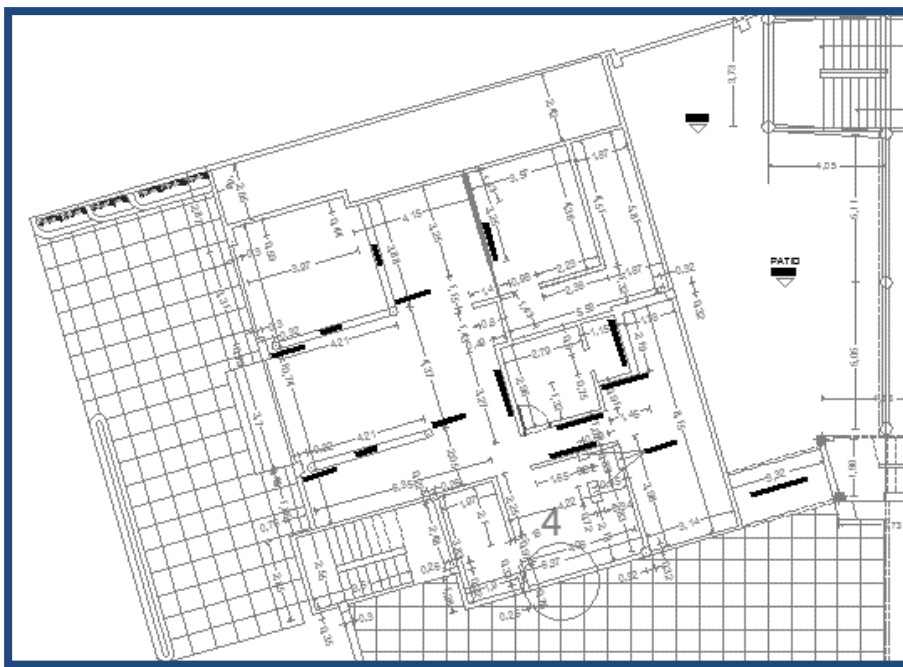


Figura C9-4a. Localización en planta. Fuente: Autores.

- 9.2 Lesiones en el edificio #2
- Lesión # 5 Pérdida de recubrimiento en viga. En la figura C9-5 se presenta la pérdida de recubrimiento en la parte inferior de una viga de losa de entrepiso del segundo nivel del edificio # 2. Lo anterior evidencia un proceso de corrosión

mucho más avanzado en el fondo. La figura C9-5a presenta la ubicación de la lesión previamente mencionada.



Figura C9-5. Lesión: pérdida de recubrimiento. Fuente: Autores

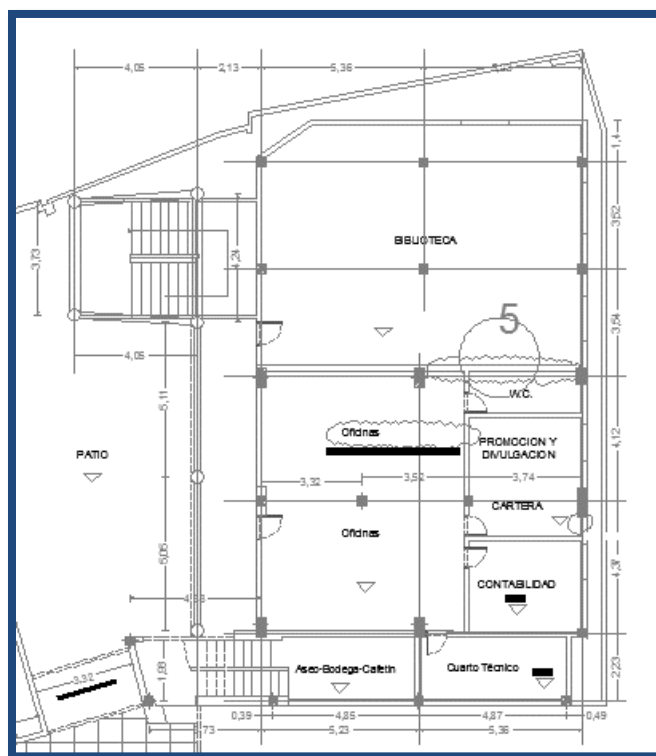


Figura C9-5a. Localización en planta. Fuente: Autores

- Lesión # 6 Pérdida de recubrimiento en viga. En las figuras C9-6 y C9-6a se presenta la pérdida de recubrimiento en la parte inferior de una losa de entrepiso del segundo nivel del edificio # 2 y su respectiva ubicación. La longitud de exposición del refuerzo es de 20 cm, la pérdida de recubrimiento es la evidencia del desgaste de la protección pasiva que proporciona el concreto y un proceso de corrosión en estado avanzado.



Figura C9-6. Lesión: pérdida de recubrimiento. Fuente: Autores

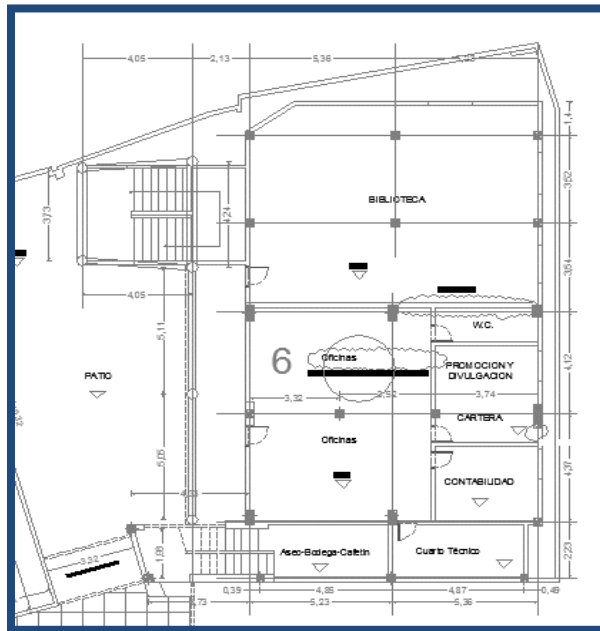


Figura C9-6a. Localización en planta. Fuente: Autores.

- Lesión # 7 Desnivel en losas de tercer nivel: En la figura C9-7 se presenta un desnivel evidente en losas de entpiso de tercer nivel y la presencia de reparaciones evidenciado por la apariencia que presenta el acabado. La figura C9-7a presenta la ubicación de la lesión en la planta del tercer nivel de la edificación.



Figura C9-7. Lesión: desnivel en losa del tercer piso.
Fuente: Autores.

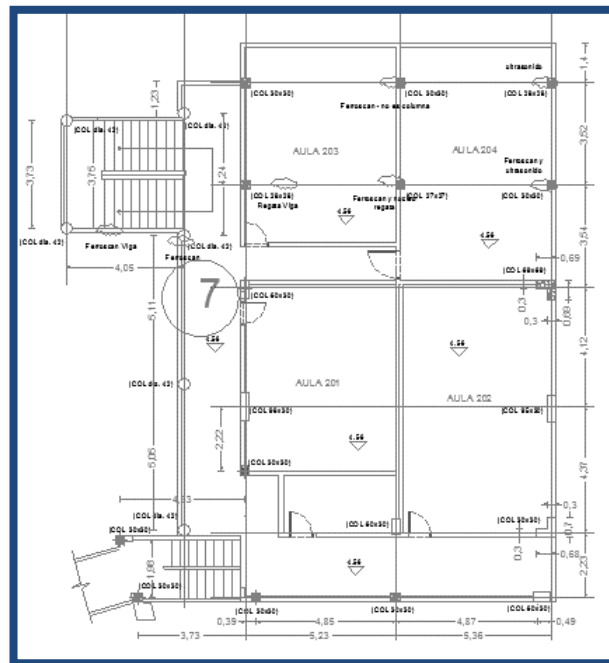


Figura C9-7a. Localización de la lesión en planta del tercer nivel. Fuente: Autores.

- Lesión # 8 fisuras en losas de entrepiso de tercer nivel: En las figuras C9-8 y C9-8a se presenta unas fisuras en losas de entrepiso del tercer nivel y en elementos no estructurales de separación (figura C9-8b) tipo muros divisorios interiores, evidenciando pequeños movimientos en el edificio como deflexiones y asentamientos. La figura C9-8c presenta la ubicación de la fisura en la planta del tercer nivel de la edificación.



*Figura C9-8. Lesión: fisura en losa.
Fuente: Autores*



*Figura C9-8a. Lesión: fisura en losa. Fuente:
Autores.*



Figura C9-8b. Lesión: separación de elementos no estructurales. Fuente: Autores.

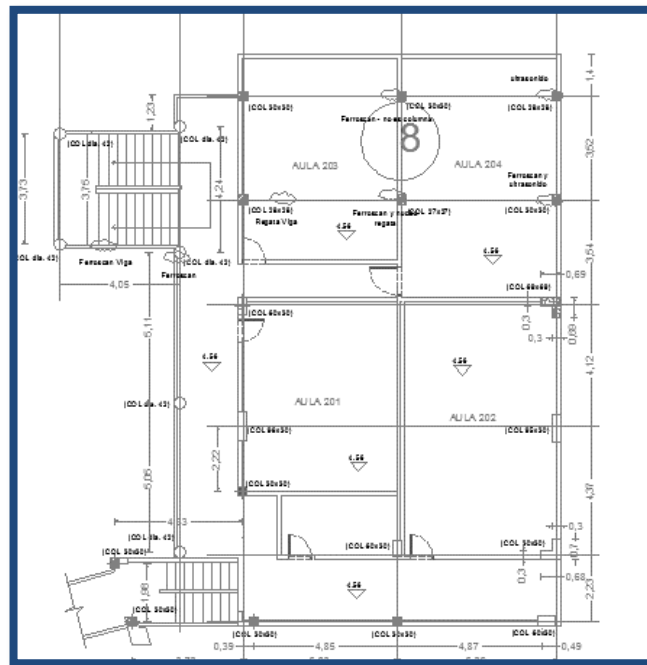


Figura C9-8c. Localización en planta. Fuente: Autores.

- Lesión # 9 Humedades losas de entrepiso de tercer nivel: En la figura C9-9 se presenta humedades en losas de entrepiso del tercer nivel, como consecuencia de filtraciones debido a los baños del tercer nivel. La figura C9-9 presenta la ubicación de la lesión en la planta del tercer nivel de la edificación #2



Figura C9-9. Lesión: humedad en losa de entrepiso. Fuente: Autores

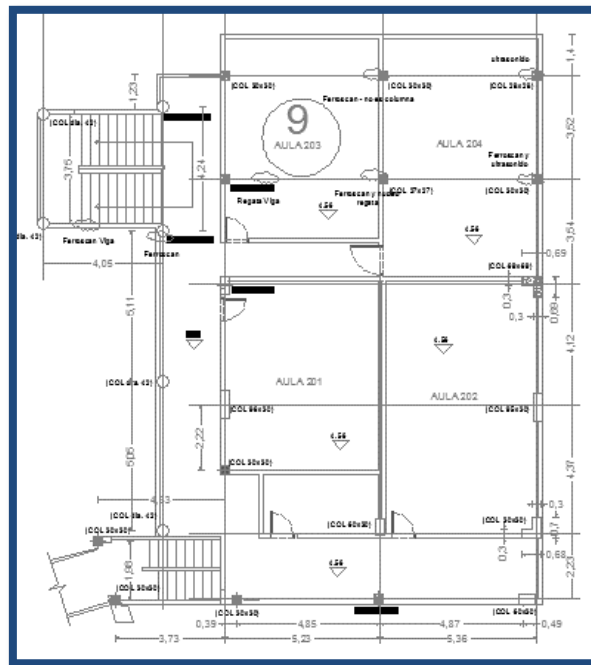




Figura C9-10. Lesión: pérdida de recubrimiento. Fuente: Autores.

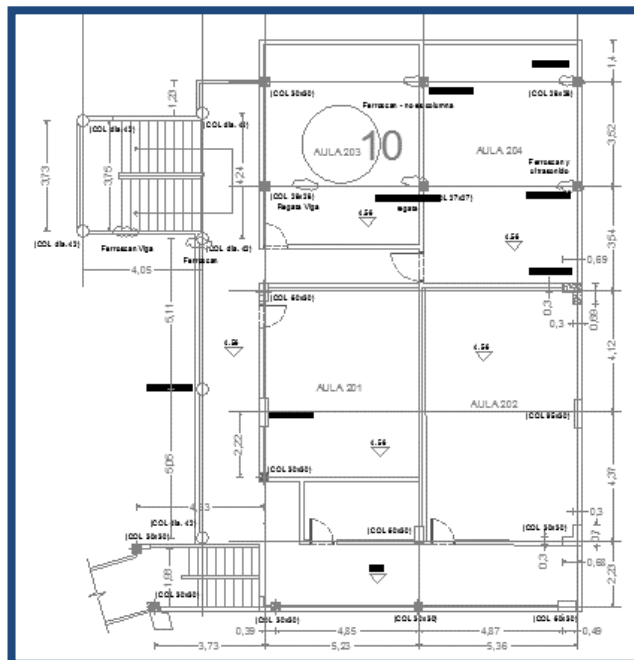


Figura C9-10a. Localización en planta. Fuente: Autores.

- Lesión # 11 Fisuración en muro de fachada de baño tercer nivel: En la figura C9-11 se presenta una fisuración vertical que representa una dilatación entre mampostería y los elementos de ventilación tipo calados. Esta separación puede ser producto de asentamientos diferenciales debido a pesos propios de la edificación y

/o reacomodación de las cargas. La figura C9-11a presenta la localización de la lesión en la planta del tercer piso.



Figura C9-11. Lesión: fisura en muro

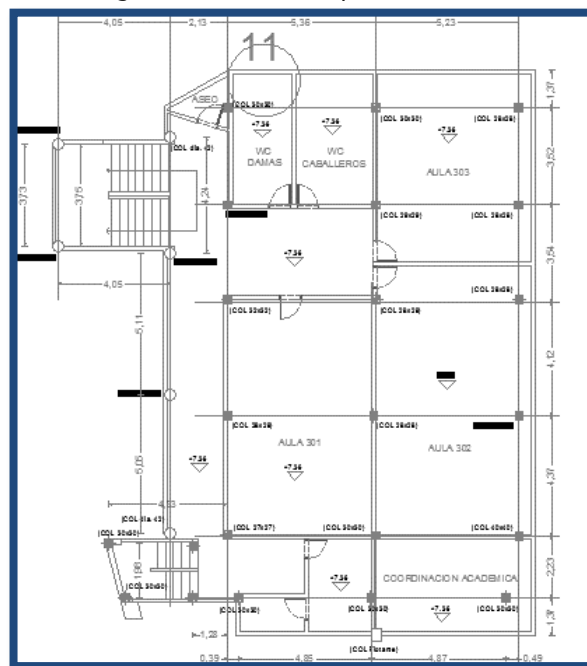


Figura C9-11a. Localización en planta de la lesión #11. Fuente: Autores.

- Lesión # 12 fisuras en losas de cubierta de cuarto nivel: En las figuras C9-12 y C9-12a se presenta unas fisuras en losa de cubierta del cuarto piso en zona de vinculación de pasillo nuevo con edificio existente evidenciando pequeños movimientos en la edificación como deflexiones y asentamientos en la zona de pasillo de circulación la cual corresponde a una adición al sistema original de la edificación #2. La figura C9-12b presenta la ubicación de la lesión #12 en la planta del cuarto nivel.



Figura C9-12. Lesión: fisura en losa. Fuente: Figura C9-12a. Lesión: fisura en losa. Autores.

Fuente:

Autores.

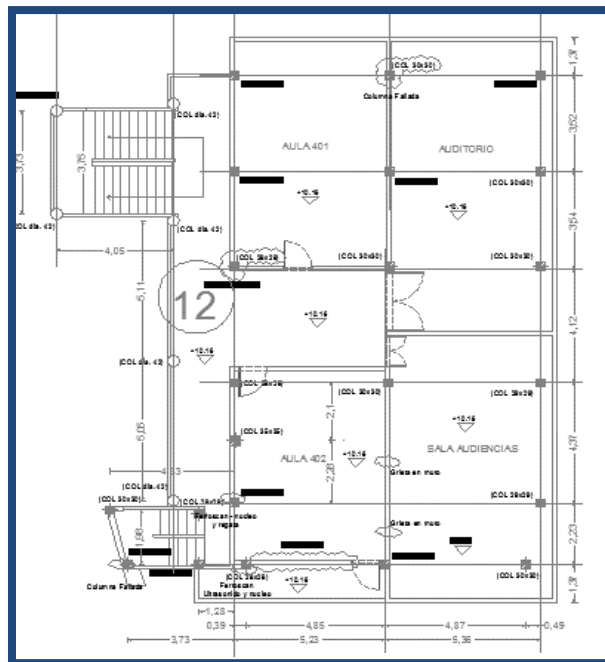


Figura C9-12b. Localización en planta. Fuente: Autores.

- Lesión # 13 fisuras en muros y columnas de auditorios de cuarto nivel del edificio
- # 2: En las figuras C9-13, C9-13a, C9-13b, C9-13c se presenta unas fisuras en muro

de auditorios y audiencia del cuarto. La figura C9-13d presenta la localización de la lesión en la planta del cuarto nivel.



Figura C9-13. Lesión: fisura en columna. Fuente: Figura C9-13a. Lesión: fisura en columna. Fuente: Autores.



Figura C9-13b. Lesión: fisura en columna. Fuente: Figura C9-13c. Lesión: fisura en columna. Fuente: Autores.

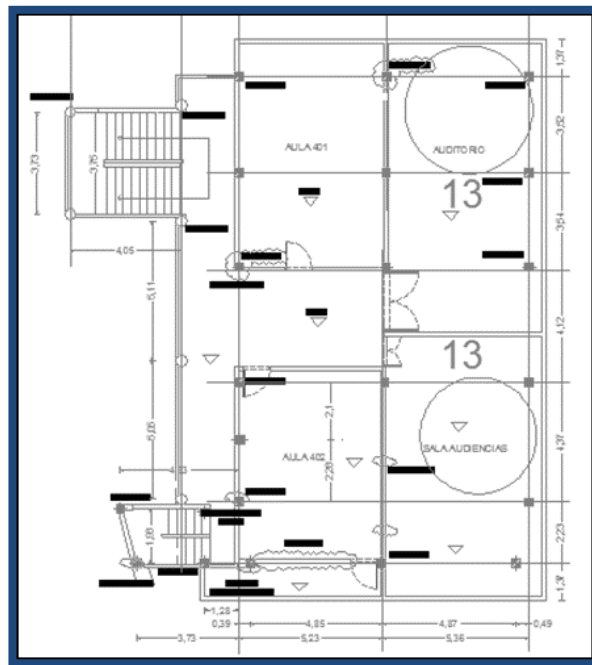


Figura C9-13d. Localización en planta. Fuente: Autores.

- Lesión # 14 fisuras en vigas, losas, columnas y acero expuesto de salón de cuarto nivel del edificio # 2: En las figuras C9-14, C9-14a, C9-14b se presenta unas fisuras longitudinales en vigas intermedia y de borde y fisura vertical en eje de columna, adicionalmente en la zona de conexión viga losa columna se presentan perdida de recubrimiento y exposición del acero con avanzado estado de corrosión, las figuras C9-14c y C9-14d evidencian esta lesión en la edificación #2. La figura C9-14e presentan la ubicación de la lesiones en la planta del cuarto piso de la edificación #2.



Figura C9-14. Lesión: fisura en losa. Fuente: Autores.



*Figura C9-14a. Lesión: fisura en losa.
Fuente: Autores*



*Figura C9-14b. Lesión: fisura en losa. Fuente:
Autores.*



Figura C9-14c. Lesión: pérdida de recubrimiento.
Fuente: Autores.

Figura C9-14d. Lesión: pérdida de recubrimiento.
Fuente: Autores.

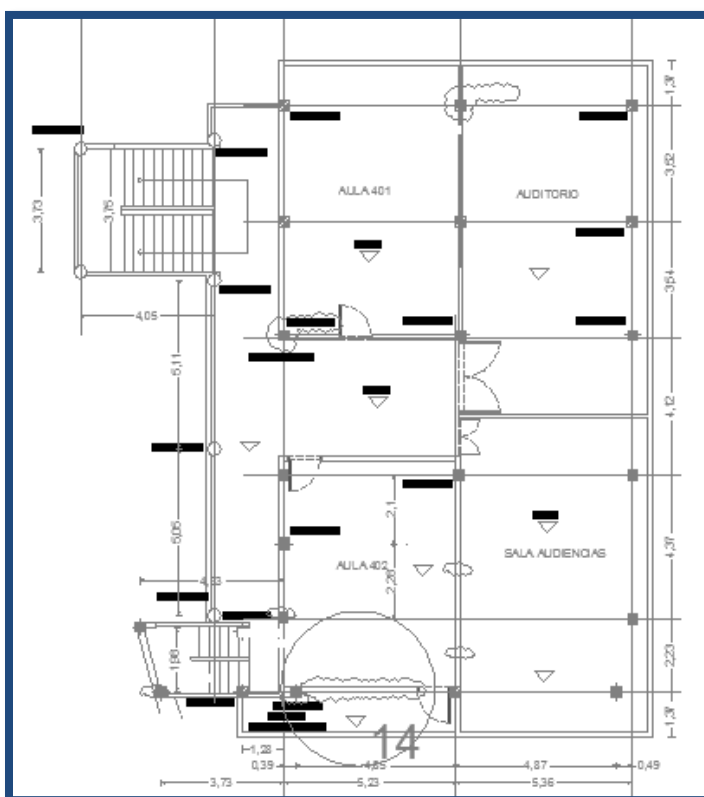


Figura C9-14e. Localización en planta. Fuente: Autores.

9.2.1 Asentamientos diferenciales: Se aprecia que son producidos en zonas localizadas del edificio #2, son los más problemáticos, ya que, al quedar parte de los cimientos sin el apoyo suficiente, el edificio debe deformarse y acoplarse a la nueva forma de sustentación.

Generalmente, la estructura no tolerará esta deformación produciendo la rotura, manifestada en grietas y fisuras en los cuales se puede percibir los siguientes aspectos:

- Fisuras inclinadas en estructuras endebles (muros de ladrillo, por ejemplo)
- Abertura de las juntas en estructuras rígidas (la junta entre dos estructuras de hormigón armado se va ensanchando hacia arriba).
- Posiblemente el problema de los asientos, prestando atención únicamente a la carga de trabajo del suelo, conduce a la ausencia de estudios geotécnicos y la falta de interés por la presencia de capas de terreno compresibles.
- Aparentemente el terreno arcilloso y compacto sobre el que se construye en periodo seco puede modificar sus características por posibles intervenciones del agua, a no ser que se tomen precauciones. Muchas de las lesiones presentadas en el numeral 9.1 obedecen a efecto de estos asentamientos o deformaciones presentadas por los elementos de la estructura debido a la magnitud de las cargas.

Gran parte de Barranquilla y sus cercanías está asentada sobre la formación geológica denominada Barranquilla, la cual tiene su origen en la edad terciaria superior, específicamente en el Plioceno, de acuerdo con lo establecido por Raasveld.

El subsuelo de la ciudad está fuertemente influenciado por fenómenos sedimentarios de origen marino y fluvial que coadyuvieron a la formación de depósitos de arenas de playa, margas, calizas de arrecifes coralinos y cieno.

Al estar Barranquilla localizada sobre un plano ligeramente inclinado cuyas alturas extremas, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, son 4 metros sobre el nivel del mar al oriente y 98 metros sobre el nivel del mar al occidente, se requiere asociar la estratigrafía de la ciudad a su variación altimétrica mediante el posicionamiento geográfico de los registros de perforación, lo cual a la fecha no se ha realizado.

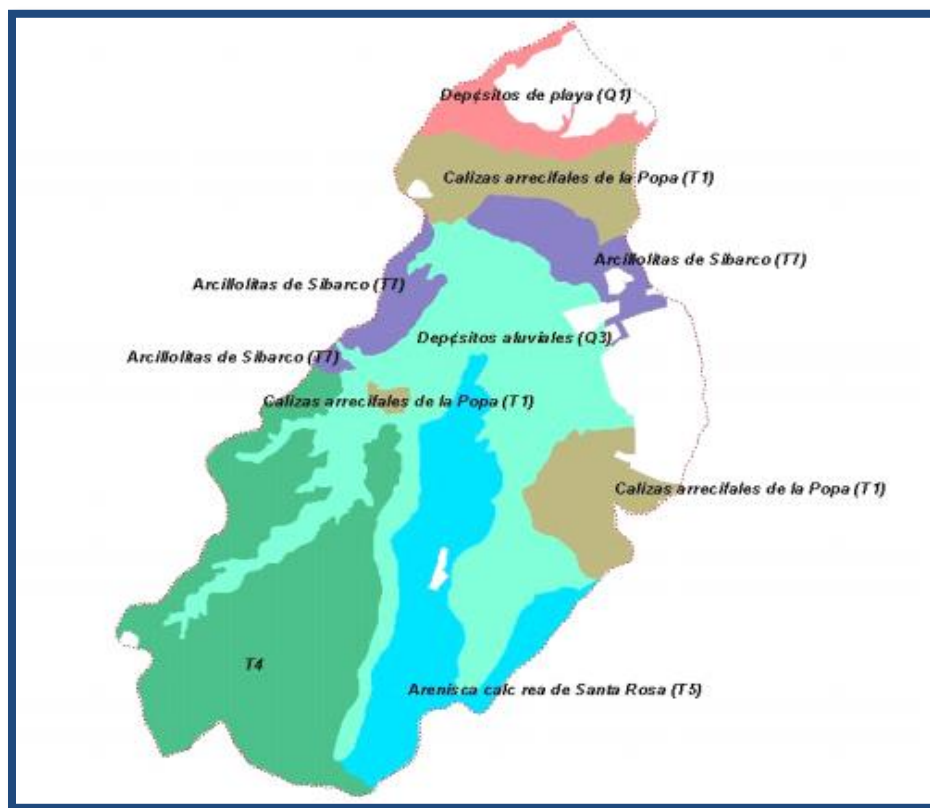


Figura C9-15. Mapa geológico mostrando el ambiente sedimentario de origen marino

Capítulo 10 Clasificación y origen de las patologías

- **10.1 Tipos de lesiones**

10.1.1 Etiología de las lesiones en cada Fase del proceso:

Con base a la revisión tanto del Edificio #1 como del Edificio #2, y al levantamiento de las lesiones, se elaboró la tabla #6 de fuentes y causas de las patologías encontradas en las edificaciones de la institución FDI, donde se registra tanto el momento cronológico de la lesión y la causa generadora de la lesión correspondiente.

Es evidente la interacción entre las fuentes de las lesiones en cada una de las fases del proceso, no pudiendo aislar solamente una de ellas o pudiéndolo hacer en pocas ocasiones. Otro tanto se puede decir en cuanto a las causas genéricas responsables de las mismas, aunque en este caso la causa más predominante corresponde a las lesiones de tipo Mecánico generalmente las causas básicas donde encontramos la etiología de estos dos pacientes corresponde a estas tres fases:

- Presencia de agua en todas sus manifestaciones.
- Movimientos de los materiales o de los sistemas.
- Acciones físicas, químicas y Biológicas.

Tabla 6: FUENTES Y CAUSAS DE LAS PATOLOGÍAS

FASE DEL PROCESO	ETIOLOGÍA DE LA PATOLOGÍA
Deficiencias contenidas en el proyecto de diseño	1. Inadecuada solución constructiva 2. Errores de dimensionamiento por deficiencias en las hipótesis o sistemas de cálculo, tanto en el edificio #1 como en el edificio #2 3. Ausencia o defectos en el diseño de los detalles constructivos
Inadaptación entre los edificios y el terreno existente	1. Cimentación inadecuada puesto que la obra fue concebida como vivienda familiar y como salones de clase 2. Aparición de conductos de agua debido a la filtración en la cubierta y fugas internas por ruptura de tuberías evidente en el edificio #2 3. Corrosión de armadura por presencia de sulfatos en esta zona de Barranquilla
Deficiencias o fallos durante el proceso de ejecución o colocación de materiales	1. Deficiente puesta en obra del proyecto 2. Alteraciones introducidas en el proyecto mal resueltas en obra 3. Falta de rigor en la ejecución de los elementos fundamentales debido al empleo de materiales de forma deficiente y mano de obra poco calificada
Daños generados por agentes externos	1. Ataque de xilífagos 2. Degradación de la estructura de concreto
Degradación natural por el envejecimiento de los materiales	1. Meteorización de la calidad de los materiales del bloque 2. Flechas y deformaciones en estructuras expuestas 3. Presencia de agua proveniente del exterior como la fachada principal del edificio #1, capilaridad, evaporación, entre otras 4. Escapes de agua por defectos en las instalaciones o mal uso de estas 5. Defectos generados por el mal uso o falta de mantenimiento
Degradación por mal uso y falta de mantenimiento	1. Falta de revisiones preventivas en el uso y mantenimiento de las instalaciones 2. Ausencia o mal seguimiento en el programa de mantenimiento 3. No reparar inmediatamente las lesiones que se generan lo cual termina degenerando el elemento afectado

En la tabla #7 que se inserta a continuación se pormenorizan las causas específicas que corresponden a cada una de estas genéricas, así como el agente causante de su origen y la forma de manifestarse

- Condensaciones
- Capilaridad
- Filtraciones
- Derramamiento.

Tabla 7: CAUSAS GENÉRICAS Y CAUSAS ESPECÍFICAS DE LAS PATOLOGÍAS

CAUSAS GENÉRICAS	CAUSAS ESPECÍFICAS	
	ORIGEN	FORMA DE MANIFESTACIÓN
<i>Presencia de agua</i>	• Proveniente del exterior • Lluvia, nieve, etc. • Terreno • Proveniente de las instalaciones • Proveniente del proceso	• Condensación • Capilaridad • Filtraciones • Derramamiento
<i>Inadaptación entre los edificios y el terreno existente</i>	• Movimientos del terreno o variaciones en sus características • Variaciones en las cargas estructurales • Vibraciones exteriores o al interior del edificio • Variaciones dimensionales de los materiales causadas por: • Diferencias térmicas • Diferencia higotérmicas • Procesos físicos por deformaciones	• Grietas y fisuras de diferentes tipologías
<i>Proceso físico, químico y biológico</i>	• Radiaciones solares • Procesos químicos de sulfatación y/o carbonatación • Procesos químicos por presencia de humedades • Presencia de sales en materiales • Procesos biológicos por presencia de xilófagos, hongos, etc.	• Decoloración o descomposición de materiales de revestimiento • Corrosión de armaduras y degradación del hormigón • Oxidación y descomposición de materiales • Exfoliación y degradación de materiales • Pudrición de elementos de madera en fachadas

10.1.2 Tipología de las lesiones y agentes causantes

En la tabla #8 se sintetizan las tipologías de lesiones más frecuentes encontradas, en las edificaciones #1 y #2 de la institución del FDI, y la sintomatología que nos puede ayudar a su detención y el diagnóstico del agente causante, independientemente del origen de las causas que la producen y el momento procesal en las que se ha producido.

En el Anexo III, se hace una descripción detallada de la tipología de las lesiones, primarias y secundarias que afectan la estructura de las edificaciones. En cada una de las fichas del Anexo III se analizan los siguientes aspectos para todas las lesiones mencionadas en el numeral 9.1 del presente documento:

- Localización
- Imagen de la lesión
- Tipo de lesión
- Descripción de la lesión
- Agravantes posibles
- Clasificación causa
- Grado
- Pre diagnóstico
- Prevención/intervención (eliminación de la causa, reparación del efecto, prevención)
- Esquema de lesión
- Esquema de reparación.

Tabla 8: TIPOLOGÍAS DE LAS LESIONES

TIPOLOGÍAS DE LAS LESIONES Y AGENTES CAUSANTES									
Tipología de la lesión	Sintomatología	# de ficha de lesión	Lesión	Localización	Sistema Afectado	Agente patológico	Calificación		
							Leve	Moder	Severa
Físicas	Humedad Erosión física Meteorización Suciedad	1	Humedad	Edificio #1 muro piso 1 dintel fachada interna	Pintura y pañete correspondiente al muro	Presencia de aguas lluvias			X
		4	Suciedad	Muro fachada principal Edificio #1 piso 1 y 2	Pintura y pañete correspondiente al muro	Factores atmosféricos, sol, lluvia y viento con sulfatos	X		
		5	Humedad	Viga losa entrepiso Edificio #2	Concreto superficial de la viga, expone acero de refuerzo	Filtración de aguas superiores, deficiente calidad del concreto			X
		6	Humedad	Placa entrepiso Edificio #2	Recubrimiento de concreto	Filtración de agua, falta de recubrimiento, concreto no resistente al ataque por sulfatos			X
		9	Humedad	Placa entrepiso piso 3 Edificio #2	Acabado superficial de techos	Ruptura de tuberías sanitarias			X
		14	Suciedad	Edificio #2 mampostería piso 2	Intersección muros piso 2, desprendimiento de pañete	Sobrecarga por cambio de uso de la estructura		X	
Mecánicas	Deformaciones Agrietamientos Fisuraciones Desprendimientos Erosión mecánica	2	Desprendimiento	Edificio #1 muro piso 1 techo exterior fachada lateral	Carraplast con desprendimiento por filtración de humedad	Deficiencia en la impermeabilización		X	
		3	Fisura	Muro final del pasillo Edificio #2 piso 2	Mampostería bloque N° 5 acabado carraplast	Esfuerzos mecánicos del terreno		X	
		7	Deformación	Placa entrepiso Edificio #2 piso 3	Placa de concreto y acabado en pintura	Esfuerzos mecánicos del terreno		X	
		8	Fisura	Placa entrepiso Edificio #2	Concreto superficial de la placa fisura longitudinal	Esfuerzos mecánicos del terreno, errores en detalles constructivos		X	
		10	Desprendimiento	Aula 203 Edificio #2	Placa en concreto acabado en pañete	Falta de concreto adecuado en la zona			X
		11	Fisura	Batería baño Edificio #1	Pintura y pañete superficial, ruptura de bloque N°5	Sobrecarga por cambio de uso de la estructura		X	
		12	Fisura	Pasillo zona de transición Edificio #1	Pintura y pañete superficial, fisura atraviesa espesor de la placa	Sobrecarga por cambio de uso de la estructura			X
		13	Fisura	Sala de audiencias Edificio #1	Desprendimiento del estuco de la columna	Sobrecarga por cambio de uso de la estructura			X
		14	Grieta	Intersección columna muro	Desprendimiento de pañete y pintura superficial	Alaveo de placa de entrepiso por sobrecarga			X

Electro químicas	Corrosión	6	Corrosión	Placa piso 2 Edificio #2	Desprendimiento del concreto debido a las condiciones físicas del entorno	Entrada de agua a la matriz de concreto			X
		9	Corrosión	Placa entrepiso piso 3 Edificio #2	Desprendimiento y embombamiento de la pintura, manchas rojizas	Corrosión del acero de refuerzo			X
Biológicas	Putridión blanca Putridión oscura Disgregación	5	Disgregación	Viga de losa entrepiso Edificio #2	Concreto superficial de la viga, expone acero de refuerzo	Concreto sometido a sulfatos y continuo humedecimiento y secado			X
		9	Disgregación	Placa aérea piso 2 Edificio #2	Pañete y pintura superficial, eflorescencias y embombamiento de la pintura	Concreto sometido a sulfatos y continuo humedecimiento y secado			X

Finalmente, en la figura C10-1 se presentan un esquema de porcentajes de tipologías de lesiones presentadas en las dos edificaciones en donde las de mayor presencia encontradas en las edificaciones son las lesiones tipo fisuras y presencia de humedades.

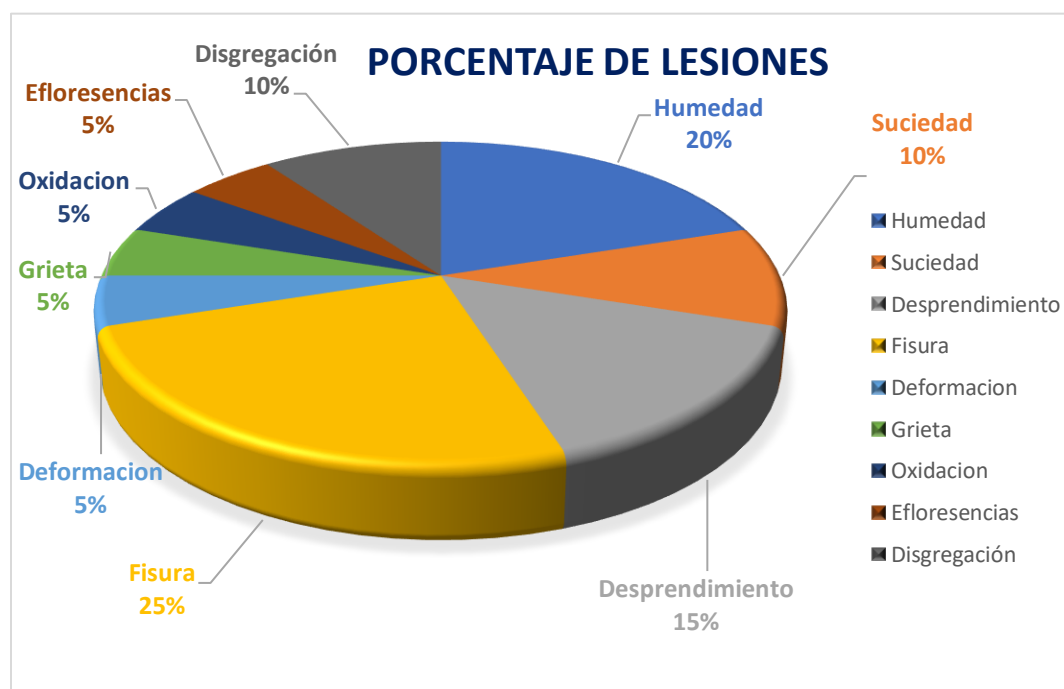


Figura C10-1 Porcentaje de lesiones encontradas en las edificaciones del FDI.
Autores

Fuente:

En lo respectivo a la gravedad de las lesiones encontradas en las edificaciones #1 y #2 en la figura C10-12 se observa que el 59% de las lesiones son de severidad alta y requieren intervención inmediata para evitar un mayor deterioro de la estructura, solo el 5% de las lesiones encontradas poseen una severidad leve y el 36% de las lesiones restantes presentan una severidad moderada.



*Figura C10-2 Distribución de la severidad de las lesiones en las edificaciones #1 y #2 del FDI.
Fuente: Autores.*

Capítulo 11 Localización

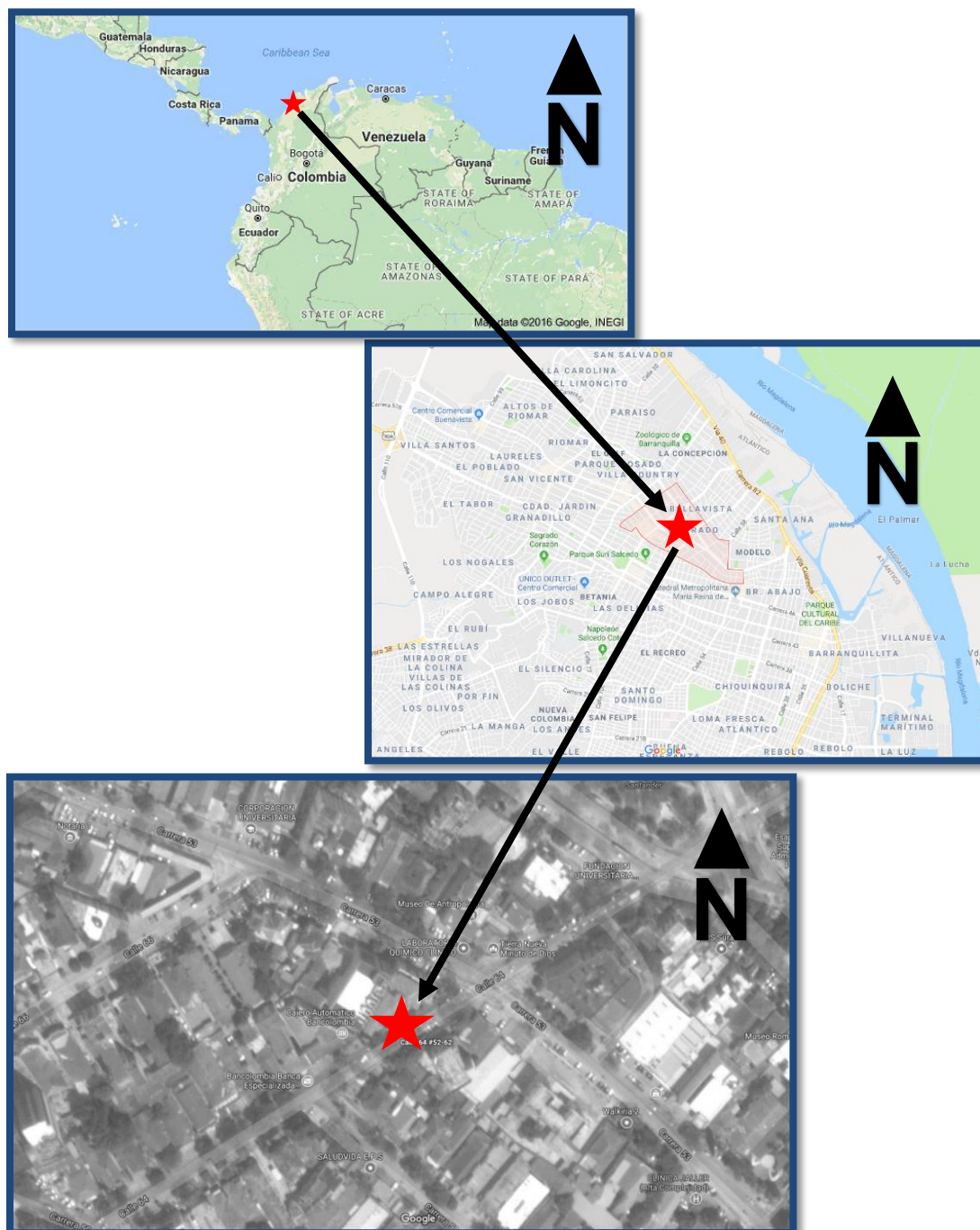


Figura C11-1. Localización. Fuente: www.googlemaps.com

En la figura C11-1 se presenta la localización del Edificio FDI, el cual se encuentra en el Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, Colombia; en la siguiente dirección Cl. 64 #52-62, Barrio El Pardo, considerado como zona de conservación patrimonial (según el Art. 180 Cap. 14 del POT) por lo que consideramos importante hacer una breve reseña histórica del sector:

En 1920 la Compañía Urbanizadora El Prado (fundada por Mr. Karl C. Parrish) inicia las primeras construcciones en este barrio residencial (Universidad Autónoma del Caribe, 2001). Desde su creación hasta 1940, se construyó gran parte del Barrio El Prado, uno de los más elegantes y distinguidos de Colombia, y quizás en su época, de América Latina. Estas dos décadas coinciden con un auge económico, comercial, portuario y cultural que la ciudad (Villalón, 2010). En él se pueden observar construcciones residenciales de diversos estilos como el versallesco (ver figura C11-2) y el morisco. En 1930 se abre al servicio el Hotel El Prado (ver figura C11-3), primer hotel turístico internacional de estilo semicolonial. No obstante, la aparición de construcciones más contemporáneas, el Barrio El Prado sigue siendo un referente local y nacional cuando se refiere a modelos de urbanismo moderno, la figura C11-4 presenta una panorámica del barrio del prado .



Figura C11-2. Residencia estilo versallesco. Fuente: Barrio El Prado: Sus Casas y su Historia



Figura C11-3. Hotel El Prado. Fuente: Barrio El Prado: Sus Casas y su Historia



Figura C11-4. Panorámica del Barrio El Prado. Fuente: Barrio El Prado: Sus Casas y su Historia

- 11.1 Uso del sector normatividad.

Según el Art. 184 Cap. 14 del POT de la ciudad de Barranquilla se establece que el uso del sector es residencial con zonas delimitadas de comercio y servicios.

- 11.2 Datos generales del entorno.

El predio de carácter institucional se encuentra delimitado de la siguiente manera: por el costado oriental lo limita la Carrera 53 donde se encuentran edificios de uso institucional como museos (Museo de Antropología) y la facultad de bellas artes de la Universidad del Atlántico, al norte Calle 64, por edificaciones de uso residencial y comercial, al occidente por edificaciones de uso residencial y comercial. El sector cuenta con servicios comerciales de mediano impacto como tiendas, droguerías, panaderías, etc. y adicionalmente cuenta con edificios de valor patrimonial histórico como el Hotel El Prado.

11.2.1 Medio ambiente. En el sector no se encuentran elementos relevantes como quebradas o áreas con densa arborización, sin embargo, se encuentran elementos arbóreos que resaltan dentro del sector.

11.2.2 Edificaciones vecinas. El edificio colinda por la Carrera 53 con edificaciones de uso comercial de 3 pisos (figura C11-5). Al frente por la Carrera 53 con edificaciones de uso comercial de 4 pisos (figura C11-6). Por la esquina de la Carrera 53 con Calle 64 con edificaciones de uso comercial de 2 pisos. Se puede apreciar la presencia de edificaciones con lenguaje arquitectónico característico del sector en las figuras C11-7 y figura C11-8.

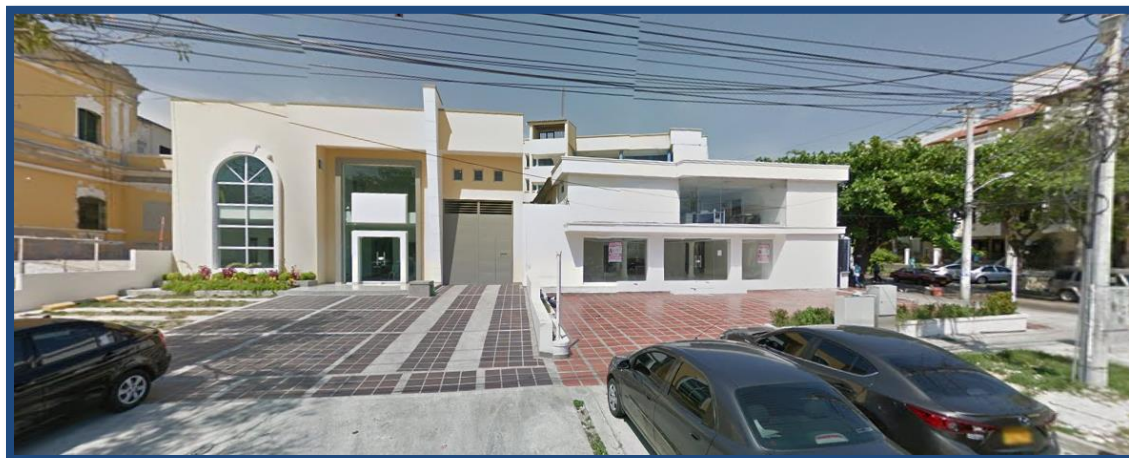


Figura C11-5. Edificaciones vecinas. Fuente: www.googlemaps.com

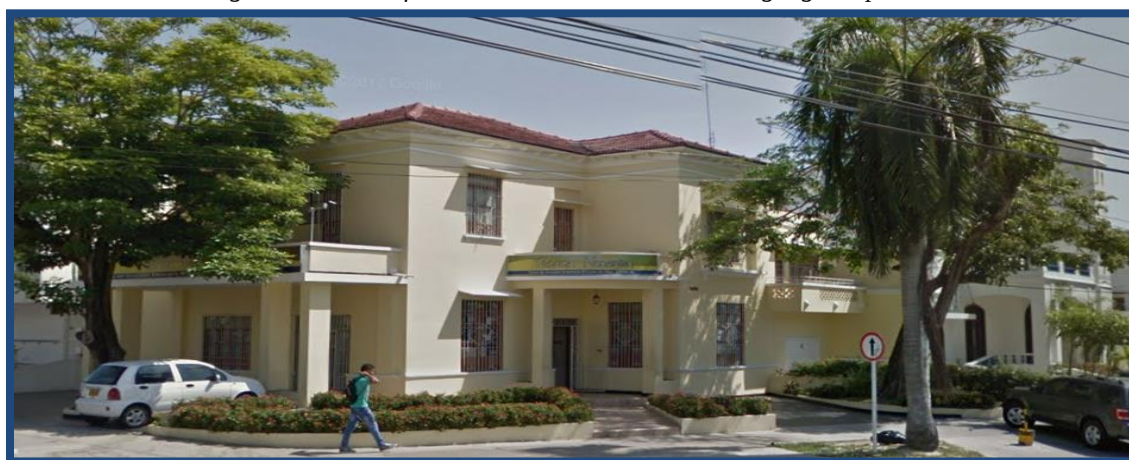


Figura C11-6. Edificaciones vecinas. Fuente: www.googlemaps.com



Figura C11-7. Edificaciones vecinas. Fuente: www.googlemaps.com

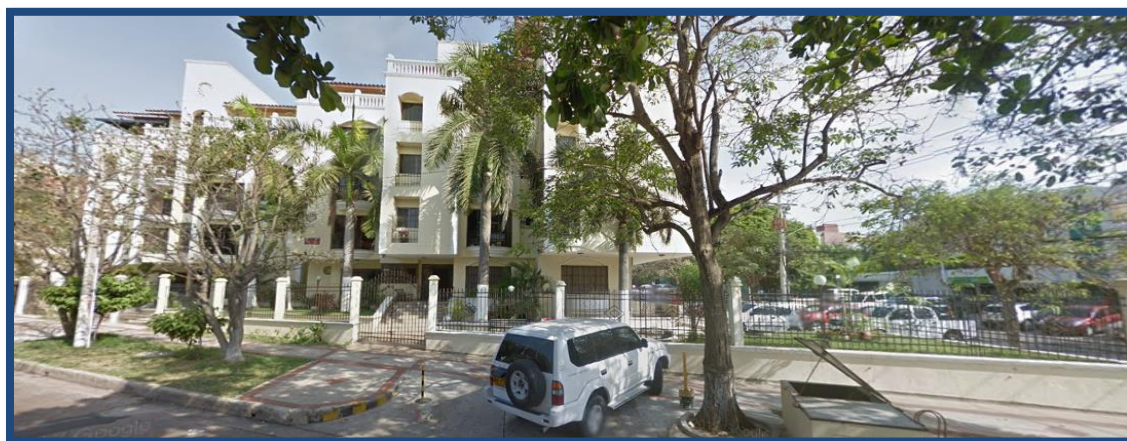


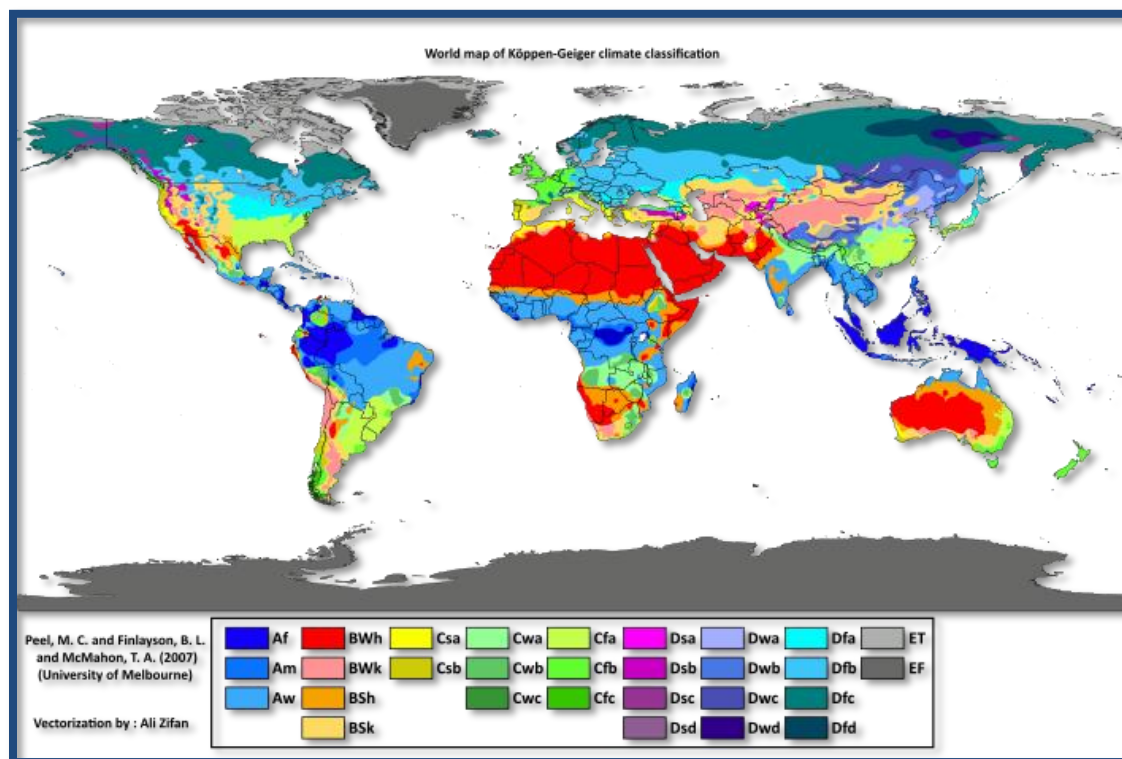
Figura C11-8. Edificaciones vecinas. Fuente: www.googlemaps.com

11.2.3 Clima. El clima de Barranquilla es de tipo tropical seco o xeromegatermo tropical, es decir, correspondiente a una vegetación propia de la sequedad y bajo altas temperaturas.⁶⁰ Conforme a la clasificación climática de Köppen, le corresponde un clima Aw o tropical de sabana. La tabla 9 muestra la clasificación climática de Köppen en el que se aprecia el tipo de climas versus la humedad de la zona.

Tabla 9: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN

		Humedad					
Temperatura		S	W	f	m	w	S
A	Tropical	-	-	Ecuatorial <i>Af</i>	Monzónico <i>Am</i>	Sabana <i>Aw</i>	Sabana <i>As</i>
B	Árido	Estepario <i>Bs</i>	Desértico <i>Bw</i>	-	-	-	-
C	Templado	-	-	Pampeano ochino <i>Cfa</i> , Oceánico <i>Cfb</i>	-	Pampeano <i>Cwa</i> , <i>Cwb</i>	Mediterráneo <i>Csa</i> , Oceánico de veranos secos <i>Csb</i>
D	Continental	-	-	Continental <i>Dfa</i> , <i>Dfb</i> , Subártico <i>Dfc</i> , <i>Dfd</i>	-	Manchuriano <i>Dwa</i> , <i>Dwb</i>	-
		T		F		H	
E	Frío	Tundra <i>ET</i>		Polar <i>EF</i>		Alta montaña <i>H</i>	

Fuente: www.wikipedia.com



*Figura C11-9. Mapa mundial de la clasificación climática de Köppen para el periodo 1951-2000.
Fuente: www.wikipedia.com*

La figura C11.9 presenta un mapa mundial de la clasificación climática de Köppen para el periodo 195-200. Donde se identifica los tipos de climas en Colombia

11.2.4 Temperatura. La temperatura promedio es de 27,4 °C de noviembre hasta principios de abril, coincidiendo con el invierno boreal, soplan los vientos alisios del nororiente, mitigando en parte el intenso calor. Hacia fines de junio soplan los alisios del suroriente, produciendo el Veranillo de San Juan. Es por esto por lo que en esa época se vive un ambiente parecido a diciembre. En las figuras C.11-10a, b y c se presentan los promedios multianual de temperaturas mínimas, promedios y máximas para la ciudad de Barranquilla

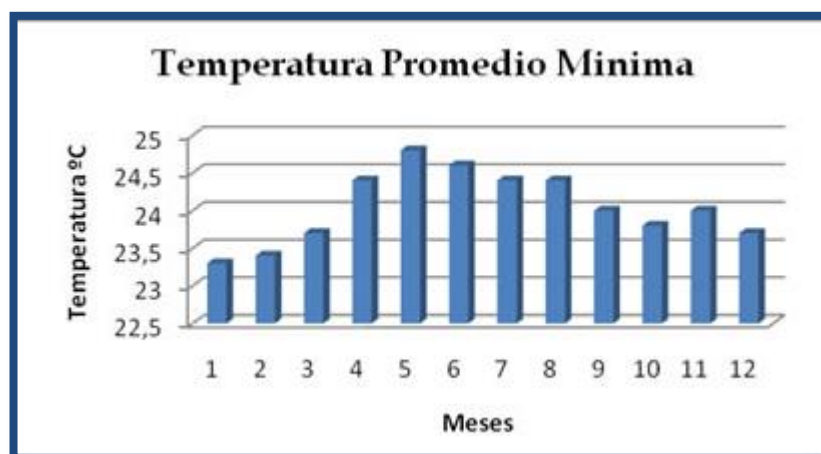


Figura C11-10a. Promedio multianual de temperatura mínima en Barranquilla.
Fuente: www.google.com

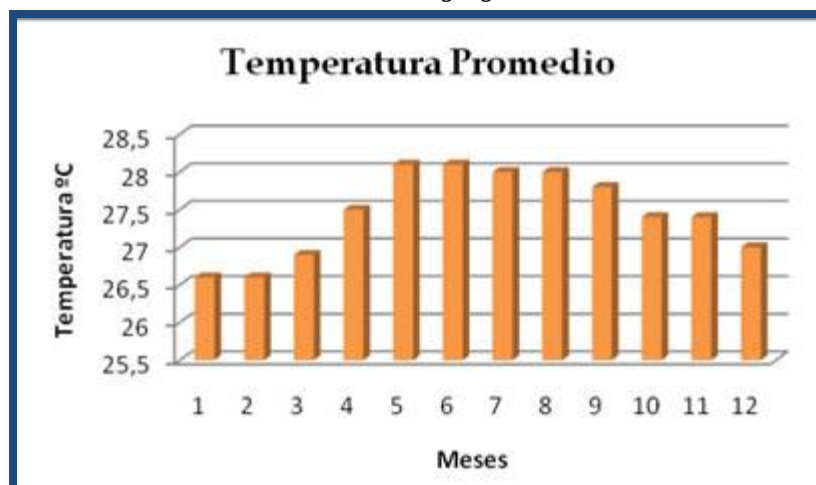


Figura C11-10b. Promedio multianual de temperatura promedio en Barranquilla.
Fuente: www.google.com

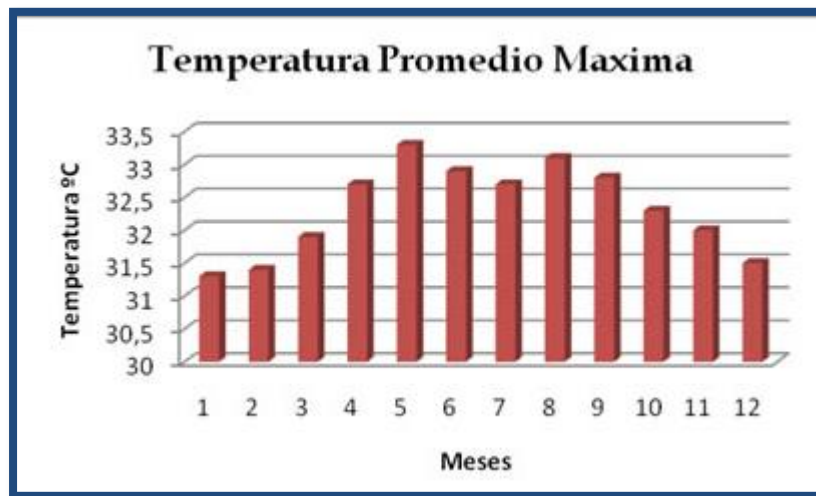


Figura C11-10c. Promedio multianual de temperatura máxima en Barranquilla.
Fuente: www.google.com

Como se observa en C11-10c las temperaturas máximas superan siempre los 31.0 grados centígrados, mientras las mínimas están por encima de los 23.3 grados centígrados hasta los 24.8 grados centígrados. El tipo de clima es seco, con gran déficit de agua, y cálido.

11.2.5 Humedad relativa promedio. La cercanía al mar, la ubicación a orillas del río Magdalena, la zona del Parque Natural Nacional Isla Salamanca, los humedales del delta de la desembocadura del río Magdalena, hace que esta zona tenga bastante humedad, pero esta humedad es modificada por los vientos secantes y la empujan hacia el interior de la región para producir abundantes lluvias en las estribaciones de los Andes.

Los mayores niveles de humedad se registran en octubre, el mes más lluvioso con 84%, le siguen septiembre y noviembre con 83%, agosto con 81% y mayo, junio y julio con 80%. Los meses de humedad son febrero y marzo con 77%, así mismo la media anual varía entre el 79% y el 81%.

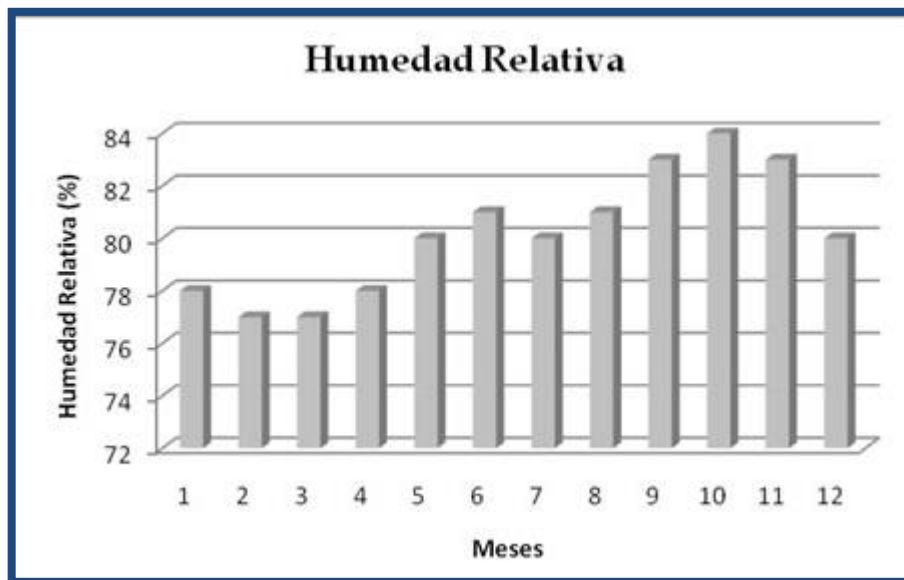


Figura C11-11. Promedio multianual de humedad relativa. Fuente: www.google.com

11.2.6 Precipitaciones. Presenta un período muy definido que va del mes de mayo al de octubre, con lluvias que oscilan entre 70 y 178 mm/mes, constituyéndose este último como el de más altos índices de pluviosidad. El período seco transcurre entre los meses de diciembre hasta abril, con promedios entre 1.0 y 25 mm/mes. Así mismo, el número de días con precipitación oscila a lo largo del año entre 0.0 y 14.0 días.

La duración de los eventos es en general de 90 minutos, con eventos extraordinarios de duración superior a 120 minutos. Las tormentas son de corta duración, pero de gran intensidad. La hora de iniciación de los eventos está en general, entre las 11:00 a.m. y las 4:00 p.m.

Durante el período de precipitaciones de mayor intensidad el sistema vial de la ciudad transforma sus componentes (calles) en "canales" de drenaje por los cuales se evacúan las aguas lluvias, cuyos efectos restrictivos sobre la circulación vehicular son particularmente notorios. Durante estos cortos, pero intensos períodos de lluvia, las

actividades urbanas se paralizan totalmente. Adicionalmente, el depósito de basuras en los arroyos urbanos para que sean arrastradas por la corriente da lugar a taponamientos que incrementan el volumen de agua y ocasionan inundaciones en determinados sectores, como también, luego de bajar el nivel de las aguas, estas se esparcen sobre las vías por efecto de la pérdida de la capacidad de arrastre de las aguas, propiciando suciedad y deterioro ambiental de la ciudad.

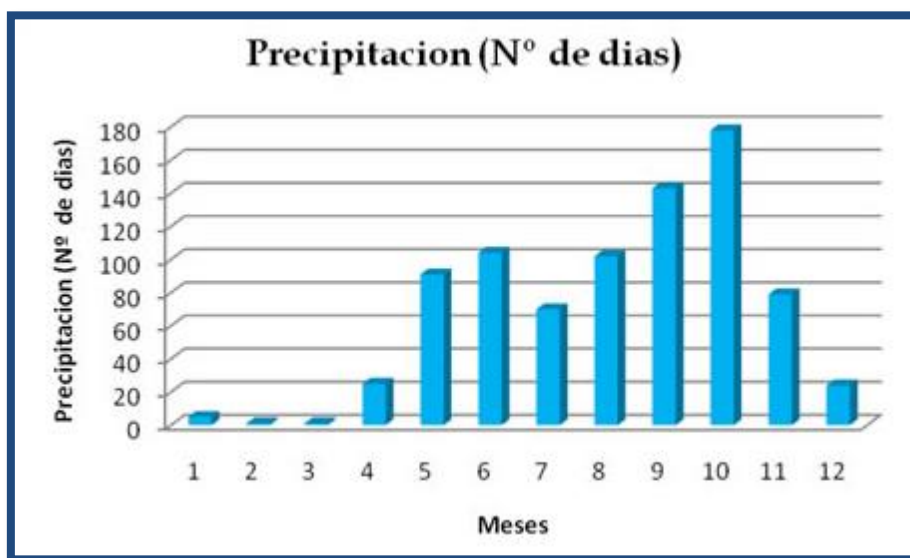


Figura C11-12. Promedio multianual de precipitación. Fuente: www.google.com

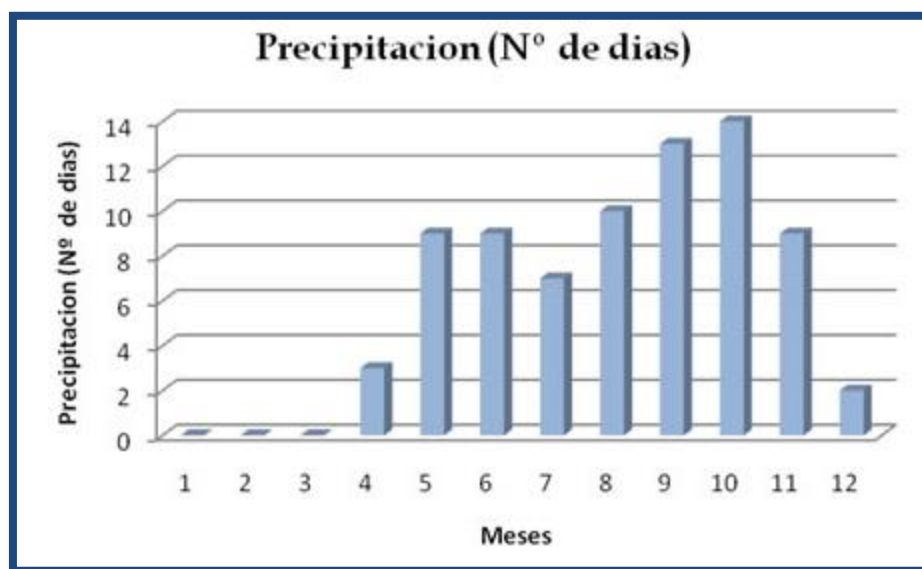


Figura C11-12a. Número de días de la precipitación. Fuente: www.google.com

11.2.7 Geología general. Tomando la información consignada en INGEOMINAS (1997), la disposición geológica del Caribe colombiano es producto de la interacción tectónica de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica. Regionalmente el área de Barranquilla se ubica en el llamado Terreno Sinú - San Jacinto constituido por dos cuñas de materiales sedimentarios (cinturones de San Jacinto y Sinú), caracterizado por presentar pliegues anticlinales estrechos y sinclinales amplios, donde también convergen dos trenes estructurales de dirección N20°E de edad Eoceno medio y otro de dirección N45°E de edad Plioceno Pleistoceno (Duque, 1984). Según el mapa tectónico del departamento del Atlántico, los pliegues y fallas se localizan principalmente hacia el centro y occidente del departamento, y hacia el sector de Barranquilla no se presentan o destacan fallas o pliegues de importancia regional.

Los registros geológicos y geotécnicos realizados en Barranquilla y específicamente en el sitio objeto de la presente investigación, establecen que el subsuelo

estudiado está constituido por depósitos sedimentarios de origen fluvial y marino que datan del terciario y el cuaternario.

11.2.7.1 Descripción de la litología. Calizas arenosas, margosas y margas (roca caliza — arcillosa — caliche), rocas coralinas, conformadas por materiales de sedimento génesis marina pleistocénica. De color amarillo y blanco, forman la Fundación Barranquilla; es una costra resistente conocida en la localidad como caliche y es un excelente material de fundación. Su espesor medio es de 12 metros y aparece superficialmente o cubierto por un depósito de arena limpia amarilla rojiza de 5 a 7 metros de espesor, también de origen sedimentario. En las riberas del río, la caliza se sumerge hasta alcanzar profundidades de 12 a 17 metros, estando cubiertas por blandos sedimentos fluviales limo-arenosos de color gris oscuro. También hacia la parte norte se pueden ver estos depósitos en cercanías del río, cubiertos por alrededor de 15 metros de médanos, que son arenas uniformes de grano fino, de color gris, de origen eólico. Debajo de las calizas y areniscas o aflorando en el área sur, se encuentran las arcillas azules de Barranquilla, las cuales corresponden a la formación Las Perdices. Son sedimentos marinos del período terciario; su consistencia dura está afectada por fisuras, originadas por fenómenos tectónicos y orogénicos, durante su proceso de formación y emersión. El espesor de la arcilla, no determinado aún, según investigaciones para la búsqueda de yacimientos petrolíferos, indican que pueden superar 1.5 kilómetros. Estas arcillas aparecen hacia el sur, en algunos sectores cubiertos por areniscas en matriz arcillosa y cementos calcáreos; son muy compactas y de espesores hasta de 5 metros. Cuando aflora es de comportamiento expansivo. Anota el Ingeniero Sabbagh el carácter expansivo de las arcillas de la zona sur de Barranquilla, anticipando con ello los

problemas generados en las construcciones ejecutadas sin las adecuadas especificaciones técnicas, como en efecto ocurre en la zona sur — occidental, ocasionando agrietamientos y fallas estructurales en las viviendas; muchas de ellas resultan destruidas, especialmente en los períodos más lluviosos.

11.2.7.2 Estratigrafía.

En las planchas 16 Galerazamba y 17 Barranquilla afloran rocas sedimentarias y sedimentos débilmente consolidados y no consolidados, que comprenden desde el Paleoceno superior hasta el Reciente.

A continuación se enumeran las unidades y/o formaciones litoestratigráficas de más antiguo a más joven que comprende la zona de estudio, información que se amplía en detalle en Barrera, R.,(2001).

1. Formación San Cayetano (Pgsc)
2. Formación Pendales (Pgp)
3. Formación las Perdices (PgNgp)
4. Formación Hibácharo (Ngh)
5. Formación Tubará (Ngt)
6. Formación Arjona (PgNga)
7. Formación La Popa (Qpp)
8. Sedimentos recientes

Las figuras C11-13 Y C11-14 presentan la columna estatigrafica de la formacion pendales y de la formacion la Popa .

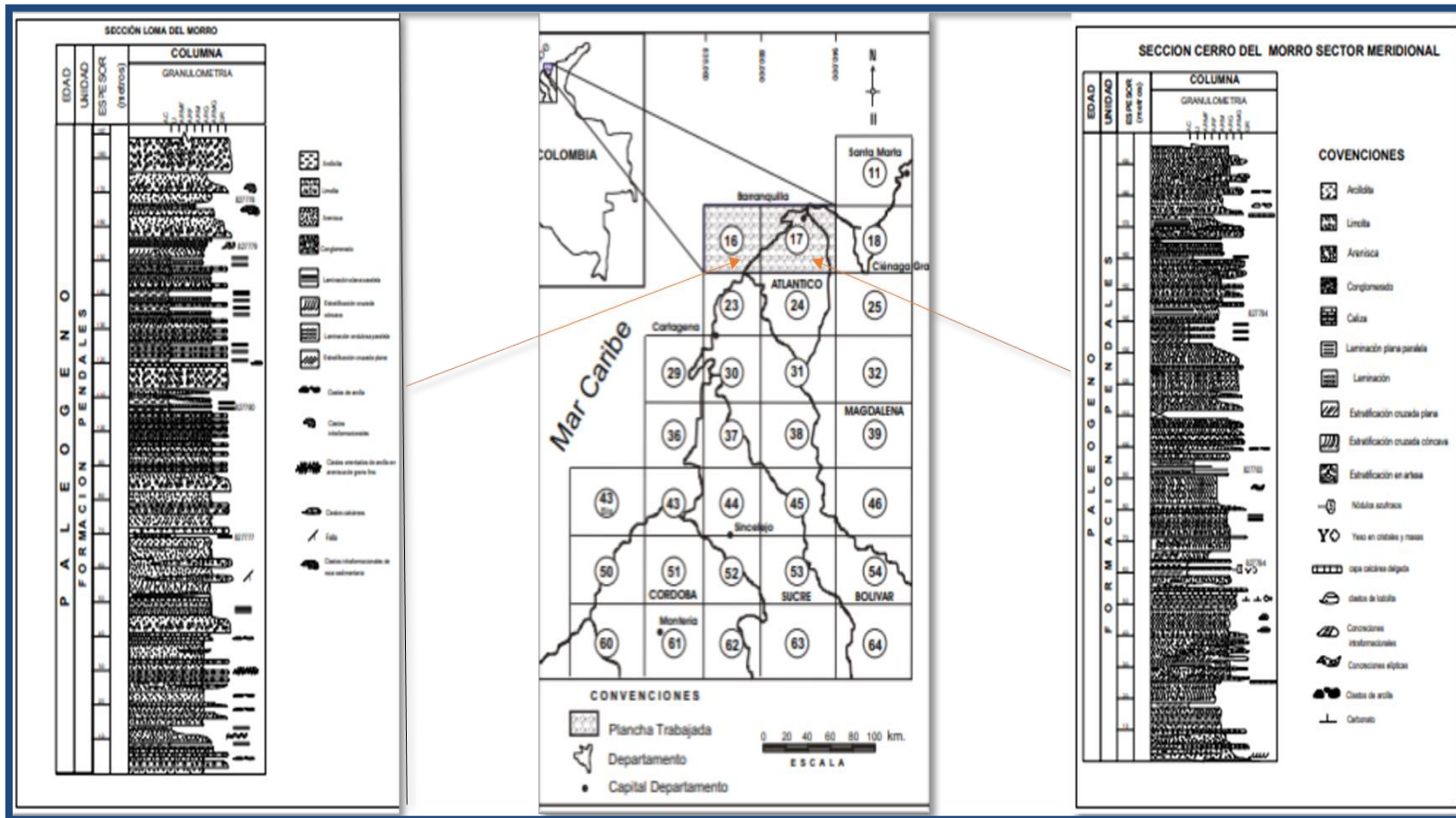


Figura C11-13 Ilustración de la columna estratigráfica de la formación Pendales.
Fuente : Barrera, R. (2001) Recuperado de Geología de las planchas 16-17 Galerazamba y Barranquilla.

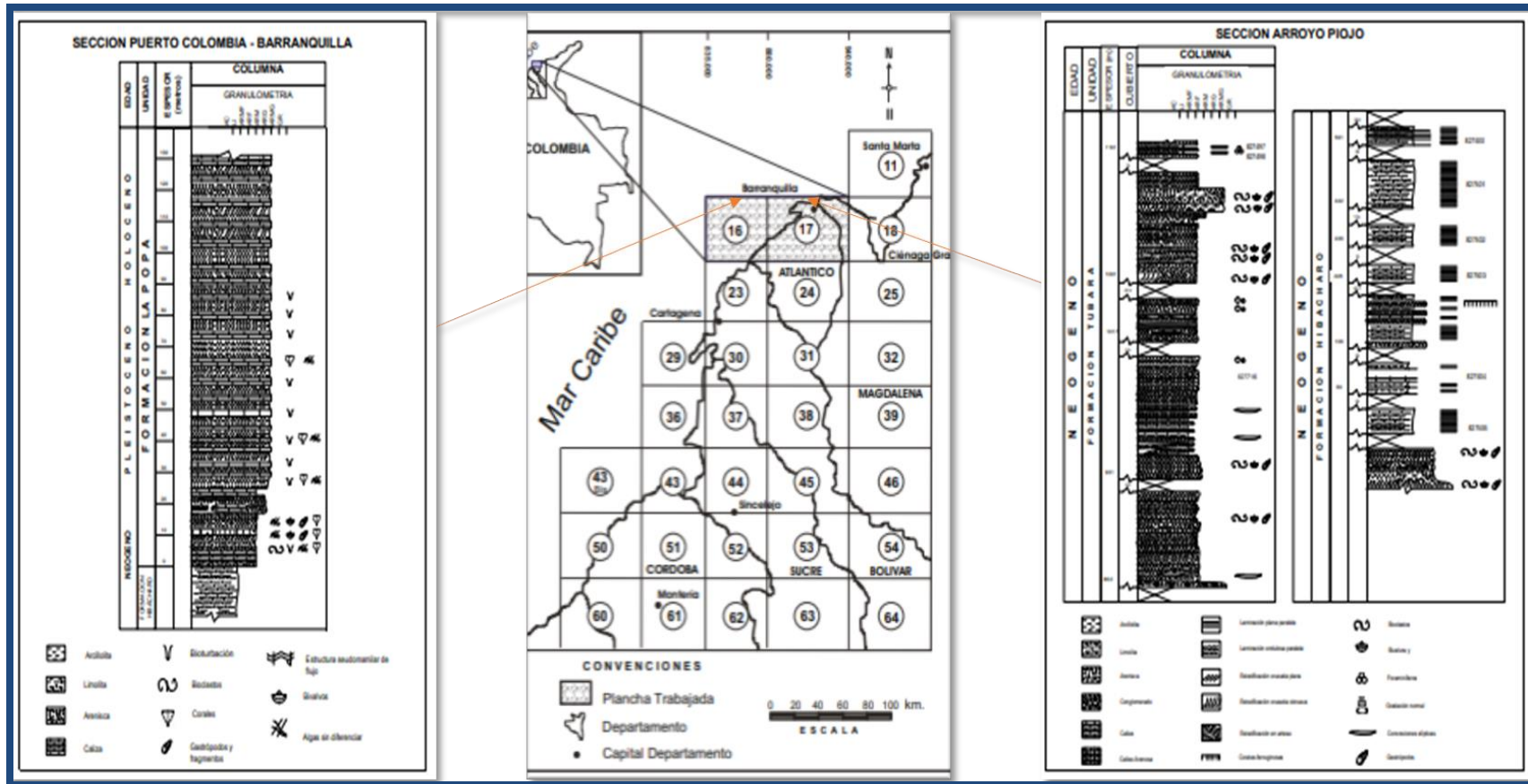


Figura C11-14 Ilustración de la columna estratigráfica de la formación La Popa.
Fuente: Barrera, R. (2001) Recuperado de Geología de las planchas 16-17 Galerazamba y Barranquilla

11.2.8 Sismicidad. Según la NSR – 10 se clasifican de la siguiente manera:

Para efectos del diseño sísmico de la estructura, ésta debe localizarse en una zona de amenaza sísmica, baja, intermedia o alta.

11.2.8.1 Zonas de amenaza sísmica.

Baja: es el conjunto de lugares en donde tanto Aa como Av son menores o iguales a 0.10 Véase la tabla XX (tomada de la NSR-10 A.2.3-1)

Intermedia: es el conjunto de lugares en donde tanto Aa como Av o ambos son mayores de 0.10 y ninguno de los dos excede 0.20. Véase la tabla 7 (tomada de la NSR-10 A.2.3-1).

Alta: es el conjunto de lugares en donde tanto Aa como Av o ambos son mayores de 0.20. Véase la tabla 10 (tomada de la NSR-10 A.2.3-1).

La ciudad de Barranquilla según la clasificación del nivel de amenaza sísmica de la NSR-10 se encuentra en zona de amenaza sísmica Baja, con valores de Aa y Av igual a 0,10. La tabla 11 tomada de la NSR-10 especifica los valores de de Aa y Av para cada una de las ciudades principales de Colombia.

Tabla 10: NIVEL DE AMENAZA SÍSMICA DE Aa Y Av

Mayor valor entre Aa y Av	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Tabla 11: VALOR DE Aa Y DE Av PARA LAS CIUDADES CAPITALES

Ciudad	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D.C	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta

Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Las imágenes C11-15, 15a y 15b presentan mapas de Colombia con la delimitación de las distintas zonas de amenaza sísmica según la NSR-10 y los valores Aa y Av según esta delimitación sísmica para el territorio colombiano.

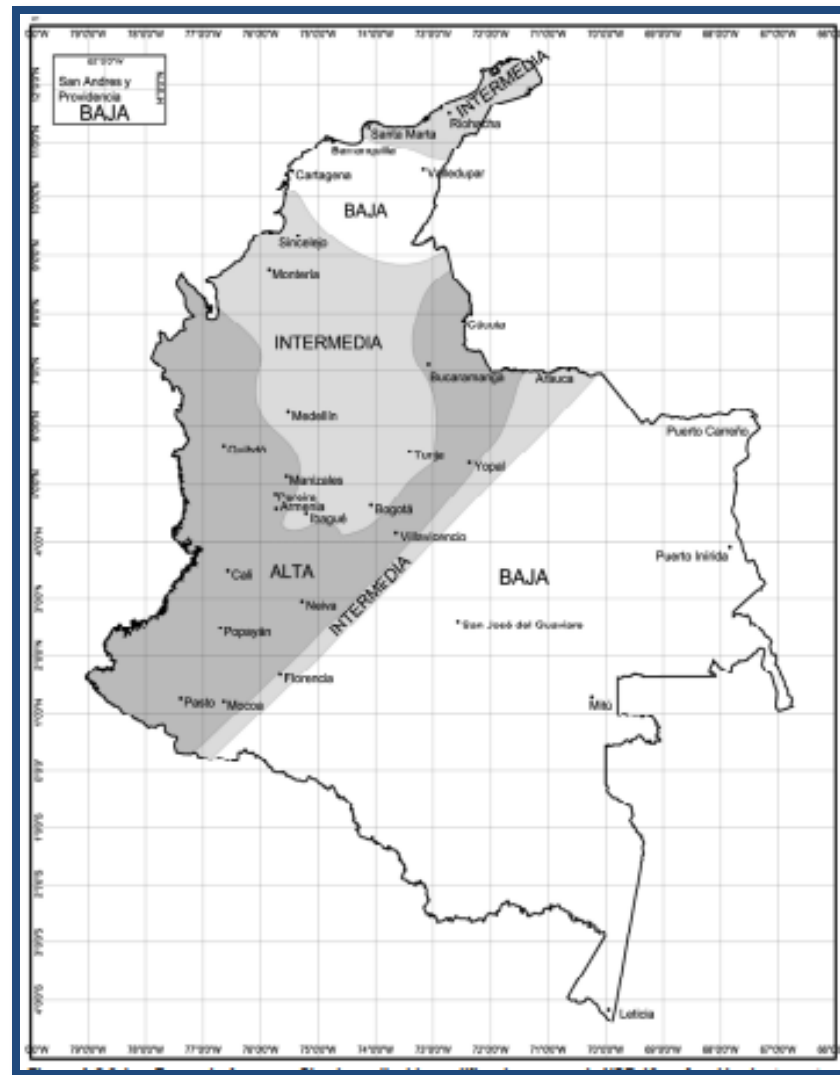


Figura C11-15. Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones en función de Aa y Av. Fuente: NSR-10

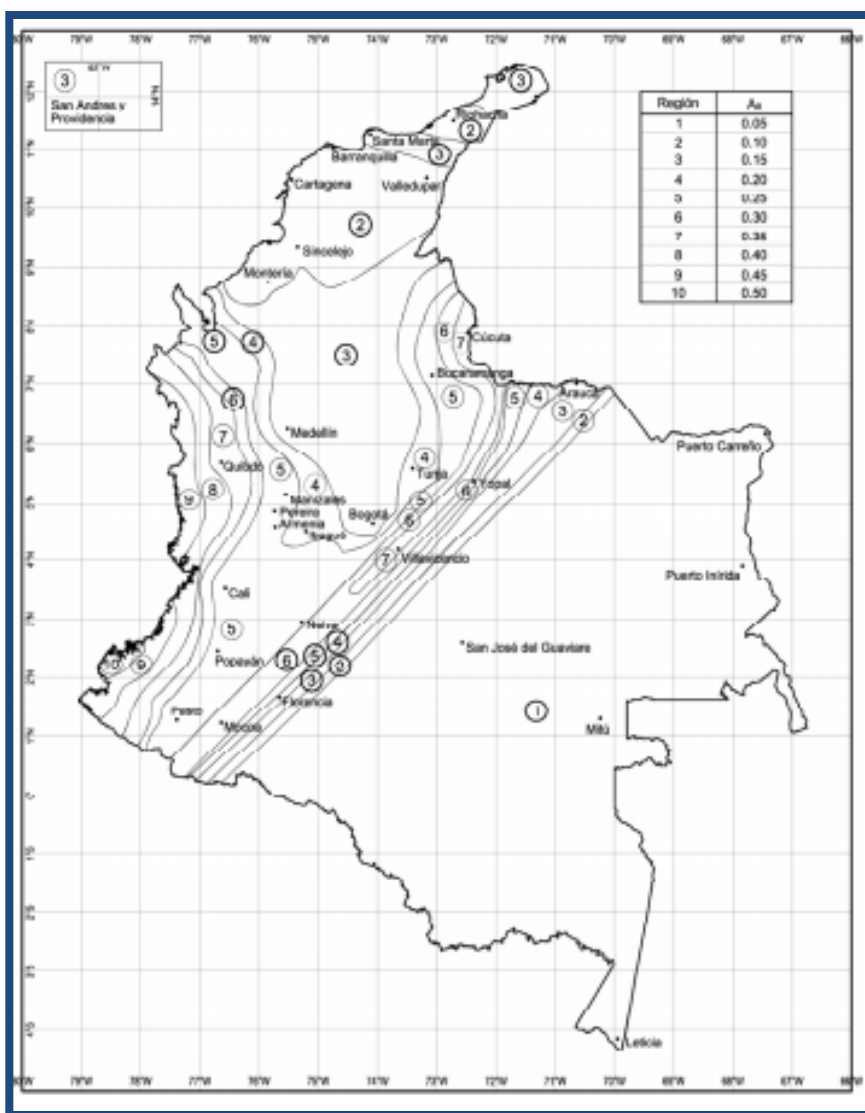


Figura C11-15a. Mapa de valores Aa. Fuente: NSR-10

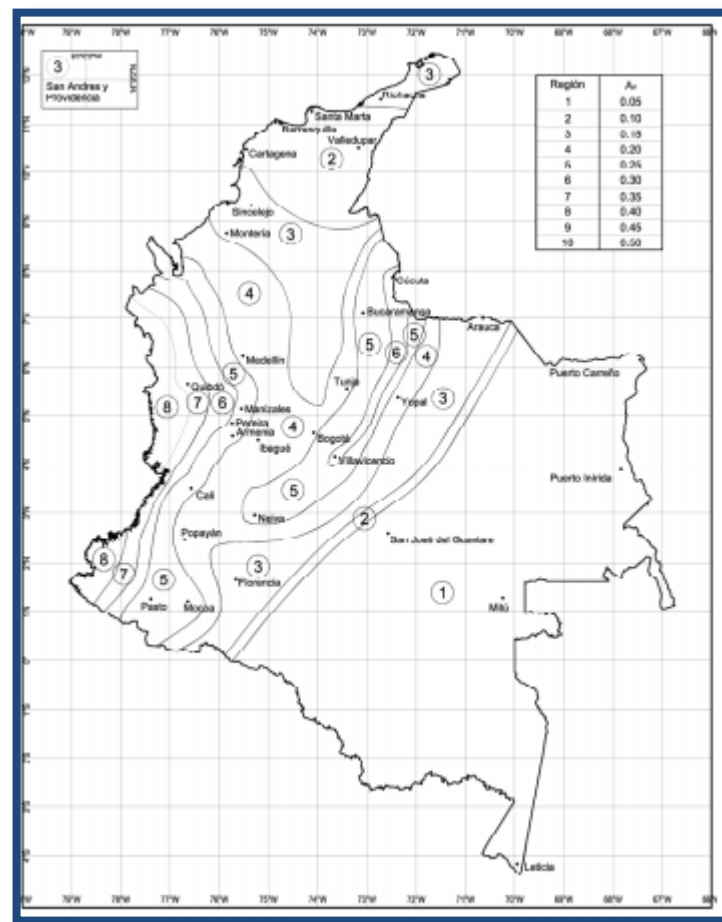


Figura C11-15b. Mapa de valores Av. Fuente: NSR-10

11.2.9 Topografía y unidades morfoestructurales La expresión morfológica de la región suroccidental de la costa colombiana está definida fundamentalmente por los diferentes tipos de roca presentes en el área y su disposición estructural influenciada por procesos de "diapirismo de Iodos". Esta expresión morfológica ha sido modificada intensamente por la actividad denudacional asociada con procesos marinos costeros y denudacionales, estos últimos especialmente acentuados, dadas las características climáticas y la actividad antrópica prevaleciente.

Las laderas occidentales de Barranquilla hacen parte geomorfológicamente de la geomorfoestructura correspondiente al Sistema Oroqénico costero que bordea por el occidente al Sistema orogénico Andino y que se considera una fase temprana de formación montañosa. A través de su historia geológica el sistema orogénico costero ha sufrido y debe su conformación a procesos de levantamientos orogénicos asociado tanto con plegamientos laterales causados por tectónica de placas como a movimientos verticales definido por "diapirismo de Iodos".

Al nivel de regiones definidas por los ambientes morfogenéticos, las laderas occidentales de Barranquilla se ubican en las serradas estructurales de Sinú - San Jacinto (DUQUE, 1984). Este terreno se constituye de dos cuñas de materiales sedimentarios (Cinturones de San Jacinto y Sinú), caracterizados por presentar pliegues anticlinales estrechos y sinclinales amplios en rocas sedimentarias que tienen una historia tectónica y sedimentaria similar, pero no sincrónica. Según el mismo autor particularmente en el área de Barranquilla convergen los dos trenes estructurales con direcciones diferentes: El cinturón de San Jacinto de dirección N 20° E y de edad Eoceno medio y el cinturón del Sinú - Cartagena de dirección N 45°E de edad Plioceno - Pleistoceno, En ambos casos, en los altos estructurales se presentan colonizaciones de coral que se encuentran a manera de parches tanto en zonas continentales como marinas, particularmente entre Barranquilla y el sur de Cartagena. En la zona en análisis se identificaron Unidades y Subunidades de los ambientes morfogenéticos, morfoestructural marino y denudacional y localmente fluvial relacionados con los principales arroyos del sector. Mientras las unidades geomorfológicas están definidas con criterio genético, morfológico y geométrico en función de los procesos

geomorfológicos específicos que las conformaron, ya sea de carácter erosivo o de acumulación; las subunidades están definidas fundamentalmente por los contrastes morfométricos que relacionan el tipo de roca o sedimento, tanto con la correspondiente topografía del terreno como con los procesos dinámicos activos prevalecientes. La figura C11-16 presenta el Mapa geomorfológico de las laderas occidentales de Barranquilla.

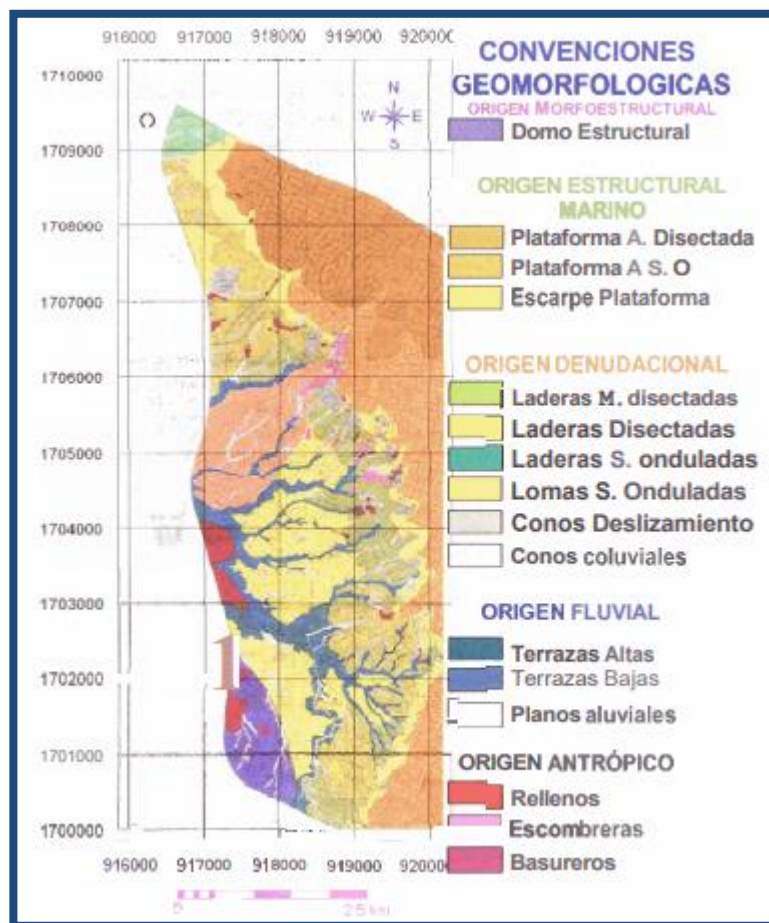


Figura C11-16. Mapa geomorfológico de las laderas occidentales de Barranquilla. Fuente: INGEOMINAS

11.2.10 Cobertura vegetal. En Barranquilla, el clima es bastante homogéneo a lo largo de todo el año y está caracterizado como clima tropical seco. En este ambiente se desarrolla una vegetación propia de condiciones de mucha sequía y elevadas temperaturas. Esta

cobertura vegetal se caracteriza para esta zona en: herbáceas, arbustivas y árboles para dar una unidad visual y ambiental. Para la zona donde se localiza las instalaciones de la edificación FDI la cobertura vegetal presente es casi nula dado que hace parte de un sector urbano de la ciudad y de uno de los barrios más antiguos de la ciudad.

Capítulo 12 Arquitectura

• 12.1 Zonificación

El conjunto está conformado por dos volúmenes de alturas diferenciadas, articulados alrededor de un patio interior, y respaldados por una pequeña galería que se proyecta hacia la vía como espacio público de uso privado. En la figura C12-1 una zonificación general de las instalaciones del FDI.

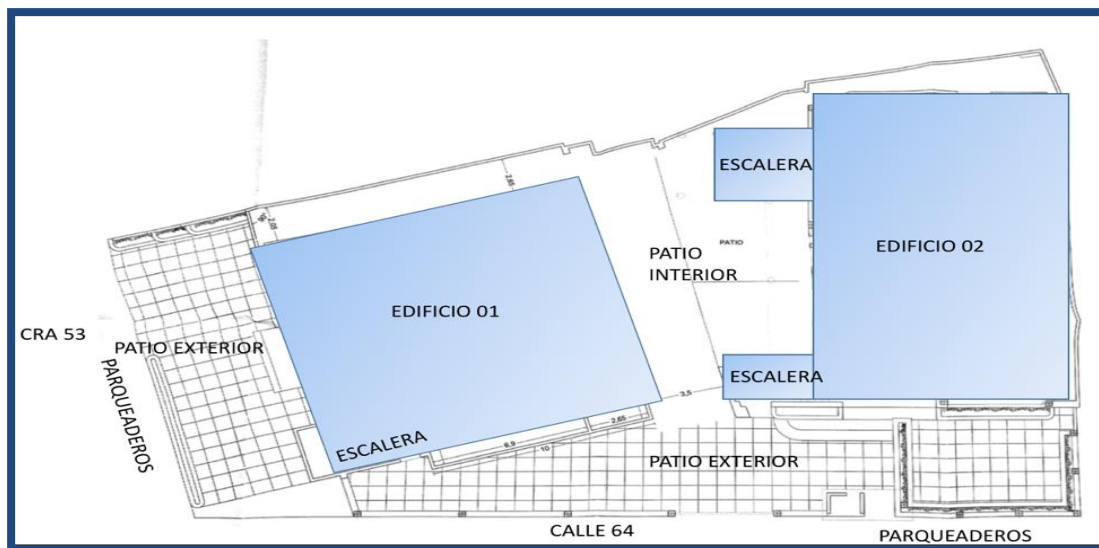


Figura C12-1. Zonificación general. Fuente: Propietario

Edificio # 1: en el primer piso se localiza un local comercial. En la planta superior están ubicadas aulas y oficinas de la fundación

Edificio # 2: el edificio consta de 4 niveles en donde funcionan en el primer piso la zona administrativa, a partir del segundo piso hasta el piso 4 se encuentran habilitadas 11 aulas, en el tercer piso se encuentran las unidades sanitarias, cuarto de aseo y coordinación académica, en el cuarto piso funcionan un auditorio y una sala de audiencias. En el 4 nivel

las escaleras están habilitadas para acceder a la losa de cubierta. Los dos edificios se unen en el segundo piso mediante una plataforma elevada.

- 12.2 Distribución arquitectónica

Internamente el conjunto se distribuye de la siguiente manera:

12.2.1 Primer piso (figura C12-2): Edificio # 1: volumen de planta ortogonal distribuido en dos niveles con un área total de 570m². El primer piso lo conforma un gran espacio respaldado por los servicios y áreas auxiliares.

Edificio # 2: volumen de planta ortogonal distribuido en cuatro niveles con un área total de 1790m². El primer piso lo conforma el area administrativa y de servicios a los estudiantes que se articulan alrededor de un espacio (recepción) y en la parte posterior se encuentra la biblioteca. Tiene acceso directo hacia la vía publica en su fachada principal y hacia el patio interior por el costado izquierdo. Los puntos fijos se distribuyen en extremos opuestos hacia la fachada del patio interior.

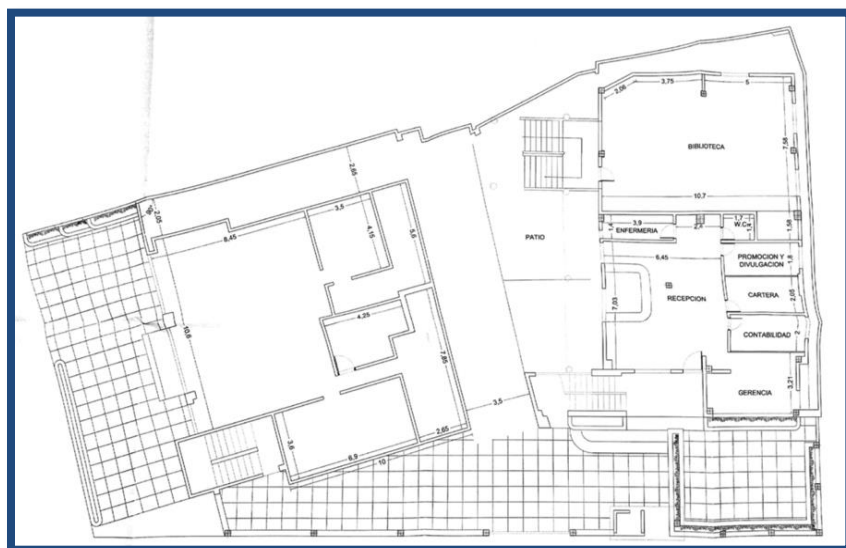


Figura C12-2. Distribución arquitectónica 1° piso. Fuente: Propietario

12.2.2 Segundo piso: Edificio # 1: el segundo nivel forma parte de una modificación posterior a la construcción original. La planta se divide en dos zonas: administración y aulas, las cuales no tienen comunicación directa entre ellas. La zona administrativa se vuelca hacia la vía pública mientras que las aulas lo hacen hacia el patio interior del conjunto (figura C12-3)

Edificio # 2: el segundo piso está conformado por aulas, flanqueadas en el costado izquierdo por una galería que comunica a los puntos fijos del edificio; en el costado inferior se localiza un balcón que da hacia la calle 64

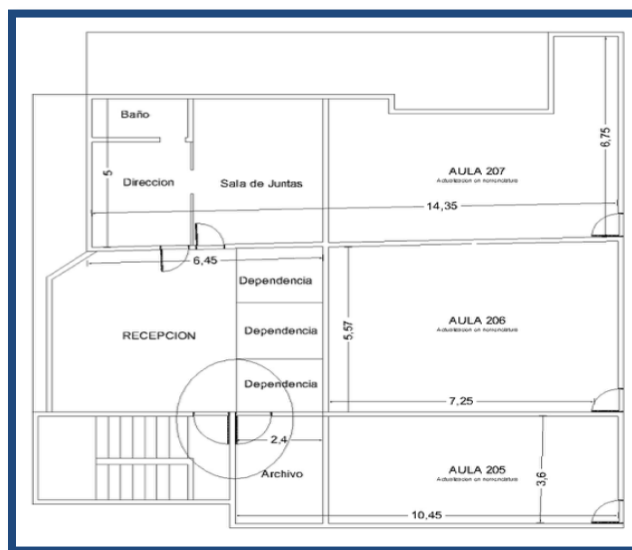


Figura C12-3. Distribución arquitectónica 2º piso edificio #1. Fuente: Propietario

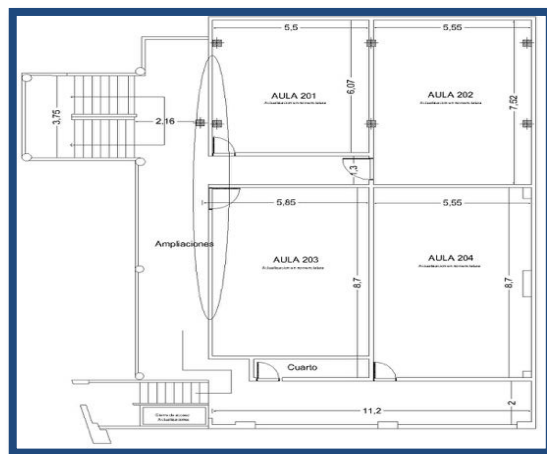


Figura C12-4. Distribución arquitectónica 2° piso edificio #2. Fuente: Propietario

12.2.3 Tercer piso: Edificio # 2: el tercer piso está conformado por aulas, flanqueadas en el costado izquierdo por una galería que comunica a los puntos fijos del edificio; en el costado inferior se localizan las oficinas. Los servicios se localizan en el costado superior (figura C12-5)

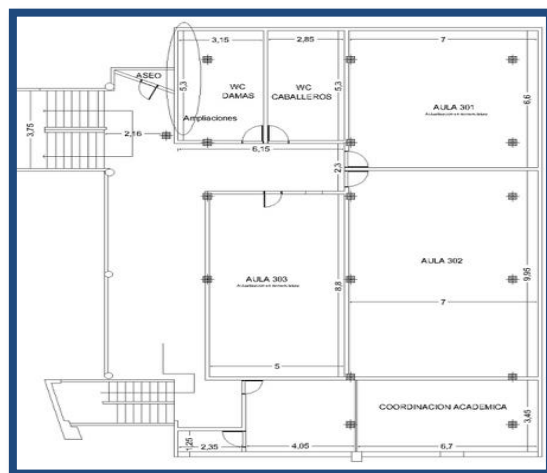


Figura C12-5. Distribución arquitectónica 3° piso edificio #2. Fuente: Propietario

12.2.4 Edificio # 2: el cuarto piso está conformado por aulas, flanqueadas en el costado izquierdo por una galería que comunica a los puntos fijos del edificio; en el costado derecho

se localizan dos auditorios. La figura C12-6 presenta la distribución arquitectónica del cuarto piso de la edificación #2

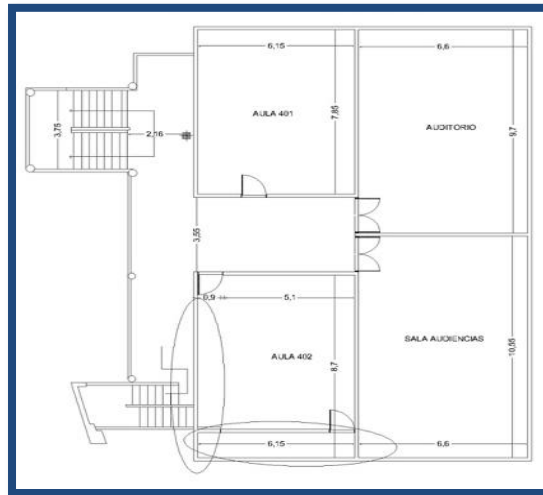


Figura C12-6. Distribución arquitectónica 4° piso edificio #2. Fuente: Propietario

- 12.3 Descripción y estado de los elementos

12.3.1 Fachadas.

12.3.1.1 Fachada sobre carrera 53: los materiales predominantes son estuco y pintura exterior en color blanco. Con un lenguaje contemporáneo representado en ventanales de aluminio de piso a techo, presentes en los dos pisos creando un equilibrio entre los planos llenos y los planos vacíos; de geometría ortogonal realizada por dos dinteles que sobresalen del plano de la fachada y están presentes a lo largo de toda ésta resaltando la horizontalidad de la fachada. La asoleación en este plano es directa en horas de la mañana creando espacios altamente iluminados gracias a los grandes ventanales (figura C12-7). El estado

general de la fachada es bueno, no obstante, la presencia de algunas humedades puntuales y algunas fisuras menores.



Figura C12-7. Fachada sobre carrera 53 edificio #1. Fuente: Propia

12.3.1.2 Fachada interior hacia el patio edificio #1: los materiales predominantes son pintura tipo graniplast en color amarillo. En el primer piso no cuenta con ningún tipo de horadación y en el segundo piso cuenta con tres vanos correspondientes a las puertas de ingreso a los diferentes espacios del edificio, predominando así, la relación llena/vacío; cuenta con un alero conformado por la cubierta inclinada que protege el corredor de circulación en el segundo piso. La placa de entrepiso se proyecta hacia el patio interior,

conformando un voladizo que se aprovecha como zona de estancia en el primer piso para los estudiantes y personal (figura C12-8).



Figura C12-8. Fachada interior edificio #1. Fuente: Propia

12.3.1.3 Fachada interior hacia el patio edificio #2: los materiales predominantes son estuco y pintura exterior en color blanco, contrastada con el color azul de los elementos estructurales. Sobresalen dos volúmenes en los extremos que corresponden a los puntos fijos y el plano se muestra como una sucesión de llenos y vacíos que conforman la galería de circulación hacia las aulas. Cuatro columnas cilíndricas complementan el conjunto, otorgándole esbeltez a la fachada (figuras C12-9 y C12-9a).



Figura C12-9. Fachada interior edificio #2.
Fuente: Propia



Figura C12-9a. Fachada interior edificio #2.
Fuente: Propia

12.3.1.4 Fachada posterior edificio # 1: los materiales predominantes son pintura tipo graniplast en color amarillo. En el primer piso no cuenta con ningún tipo de horadación y en el segundo piso cuenta con cuatro vanos correspondientes a las ventanas; cuenta con un alero conformado por la cubierta inclinada. Se observa un pórtico en concreto adosado posteriormente para dar soporte al voladizo de la placa del segundo piso (figuras C12-10 y C12-10a).



Figura C12-10. Fachada posterior edificio #1. Fuente: Propia



Figura C12-10a. Fachada posterior edificio #1. Fuente: Propia

12.3.1.5 Fachada sobre calle 64 edificio #1: los materiales predominantes son estuco y pintura exterior en color blanco. En el primer piso no cuenta con ningún tipo de horadación; tiene un zócalo en granito lavado a lo largo de la fachada. En el segundo piso cuenta con tres vanos correspondientes a las ventanas. Cuenta con un alero descolgado como remate

en el segundo piso y una proyección de la placa de entrepiso que actúa también como alero (figura C12-11).



Figura C12-11. Fachada sobre calle 64 edificio #1. Fuente: Propia

12.3.1.6 Fachada sobre calle 64 edificio #2: los materiales predominantes son estuco y pintura exterior en color blanco con acabado abuzardado. La escalera principal esta resaltada mediante un muro calado que la ventila e ilumina de manera natural. Sobresalen en el segundo piso las columnas que conforman un balcón hacia el acceso. A partir del tercer piso sobresale un volumen ortogonal, conformando un voladizo que se proyecta hacia el acceso peatonal. Remata el volumen con un ático lineal otorgándole un lenguaje moderno al edificio (figura C12-12).

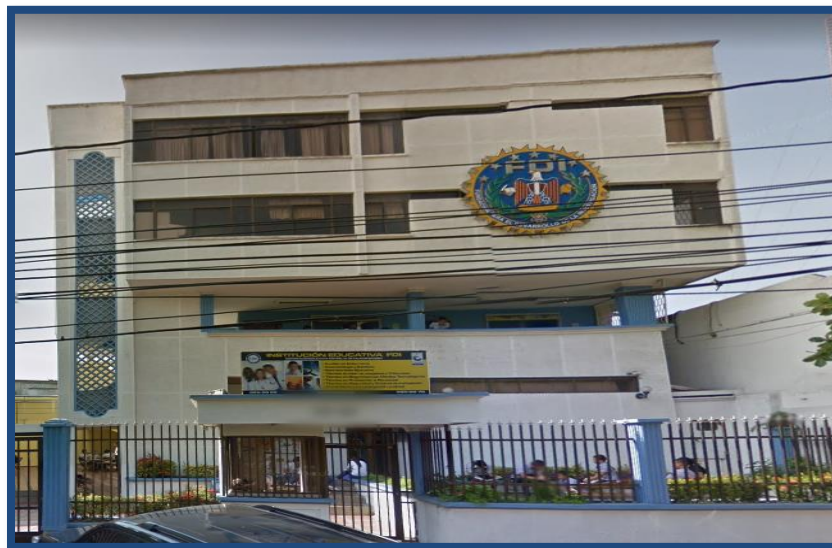


Figura C12-12. Fachada sobre calle 64 edificio #2. Fuente: www.googlemaps.com

12.3.1.7 Estado general: El estado general de las fachadas es bueno, no obstante, la presencia de algunas humedades puntuales y algunas fisuras menores. Sin embargo, el estado de la fachada posterior del edificio #1 es malo, debido a la presencia de humedades causadas por un deficiente sistema de evacuación de aguas lluvias y a que algunas de las tejas de la cubierta están rotas, lo que ha generado desprendimientos en el recubrimiento externo. También se detectan fisuras de mayor tamaño que pueden derivar en agrietamientos del muro.

12.3.2 Muros internos.

12.3.2.1 Muros internos tipo 1. Muros internos realizados en bloque de arcilla, sin embargo, también se pueden evidenciar muros en drywall; los muros tienen acabado en estuco y pintura de color blanco. Presentan 4 columnas falsas de estilo neoclásico (figura C12-13)



Figura C12-13. Muros internos tipo 1 edificio #1. Fuente: Propia

12.3.2.2 Muros internos tipo 2. Muros internos realizados bloque de arcilla, sin embargo, también se pueden evidenciar muros en drywall; los muros tienen acabado en estuco y pintura de color blanco. Ausencia de un adecuado amarre entre el muro y la losa de entrepiso. Tubería y estructuras eléctricas expuestas bajo placa (figuras C12-14 y C12-15)



Figura C12-14. Muros internos tipo 2 edificio #1. Fuente: Propia



Figura C12-15. Muros internos tipo 2 edificio #1. Fuente: Propia

12.3.2.3 Muros internos tipo 3. Muros internos realizados en bloque de arcilla, los muros tienen acabado en estuco y pintura de color azul y blanco. (figura C12-16)



Figura C12-16. Muros internos tipo 3 edificio #2. Fuente: Propia

12.3.2.4 Muros internos tipo 4. Muros internos a media altura realizados en drywall y columnas de base cuadrada en estilo neoclásico; los muros tienen acabado en estuco y pintura de color azul y blanco. (figura C12-17)



Figura C12-17. Muros internos tipo 4 edificio #2. Fuente: Propia

12.3.2.5 Muros internos tipo 5. Muros internos realizados en bloque de arcilla; los muros tienen acabado en estuco y pintura de color azul y zócalo en cerámica blanca. También se

presentan muros calados con celosía, detalle muy representativo de la arquitectura del lugar, lo que brinda ventilación e iluminación natural a los espacios (figuras C12-18 y C12-18a)



Figura C12-18. Muros internos tipo 5 edificio #2. Fuente: Propia



Figura C12-18a. Muros internos tipo 5 edificio #2. Fuente: Propia

12.3.2.6 Estado general: los muros internos del edificio #1 presentan un estado general regular, pues se pueden evidenciar en la casi totalidad de ellos fisuras y en algunos se presentan desplomes leves. Entre tanto, en el edificio #2 el estado general también es regular, ante la frecuencia de fisuras y humedades

12.3.3 Pisos.

12.3.3.1 Pisos 1° piso edificio #1: Baldosa en cerámica blanca de 60X60 cm y guardaescoba del mismo color y material del piso (figuras C12-19 y C12-19a)



Figura C12-19. Pisos 1° piso edificio #1. Fuente: Propia



Figura C12-19a. Pisos 1° piso edificio #1. Fuente: Propia

12.3.3.2 Pisos oficinas 2° piso edificio #1: Baldosa en cerámica blanca de 30X30 cm, guardaescoba del mismo color y material del piso y decorado de piso con diseño (figuras C12-20 y C12-20a)



Figura C12-20. Pisos oficinas 2° piso edificio #1. Fuente: Propia



Figura C12-20a. Pisos oficinas 2° piso edificio #1. Fuente: Propia

12.3.3.3 Pisos baño 2° piso edificio #1: Baldosa en cerámica café de 30X30 cm (figura C12-21)



Figura C12-21. Pisos baño 2° piso edificio #1. Fuente: Propia

12.3.3.4 Pisos oficinas edificio #2: Baldosa en cerámica ajedrezada azul y blanca 30X30 cm y guardaescobas igual al piso (figura C12-22)



Figura C12-22. Pisos oficinas edificio #2. Fuente: Propia

12.3.3.5 Pisos oficinas edificio #2: Baldosa en cerámica blanca de 20X20cm (figura C12-23)



Figura C12-23. Pisos baños edificio #2. Fuente: Propia

12.3.3.6 Pisos patio interior: Baldosa gres vitrificada 30X30 cm y juntas en granito lavado (figura C12-24)



Figura C12-24. Pisos patio interior. Fuente: Propia

12.3.3.7 Estado general: Tanto en el edificio #1 como en el edificio #2 el estado de los pisos es bueno, sin mayores afectaciones, teniendo en cuenta que en algunas zonas se realizó un cambio de material en años recientes

12.3.4 Cielorastos.

12.3.4.1 Cieloraso recepción 1° piso edificio #1: material predominante drywall acabado con pintura vinílica color blanco (figura C12-25)



Figura C12-25. Cieloraso edificio #1. Fuente: Propia

12.3.4.2 Cieloraso oficinas 1° piso edificio #1: losa de entrepiso con acabado en pintura color blanco (figura C12-26)



Figura C12-26. Cieloraso edificio #1. Fuente: Propia

12.3.4.3 Cieloraso oficinas 2° piso edificio #1: láminas de Icopor color blanco con perfiles de soporte en aluminio (figura C12-27)



Figura C12-27. Cieloraso edificio #1. Fuente: Propia

12.3.4.4 Cieloraso oficinas 1° piso edificio #2: láminas de Icopor color blanco con perfiles de soporte en aluminio (figura C12-38)



Figura C12-28. Cieloraso edificio #2. Fuente: Propia

12.3.4.5 Cieloraso aulas edificio #2: láminas de Icopor color blanco con perfiles de soporte en aluminio (figuras C12-29 y C12-29a)



Figura C12-29. Cielorastos edificio #2. Fuente: Propia



Figura C12-29a. Cielorastos edificio #2. Fuente: Propia

12.3.4.6 Estado general: Tanto en el edificio #1 como en el edificio #2, el estado de los cielorastos es regular. Se evidencian fisuras y humedades, entre otras lesiones

12.3.5 Cubierta.

12.3.5.1 Cubierta edificio #1: cubierta a tres aguas en teja ondulada de asbesto. Caballete en el mismo material. Impermeabilización hacia el ático de la fachada principal (Carrera 53 y Calle 64) (figura C12-30)

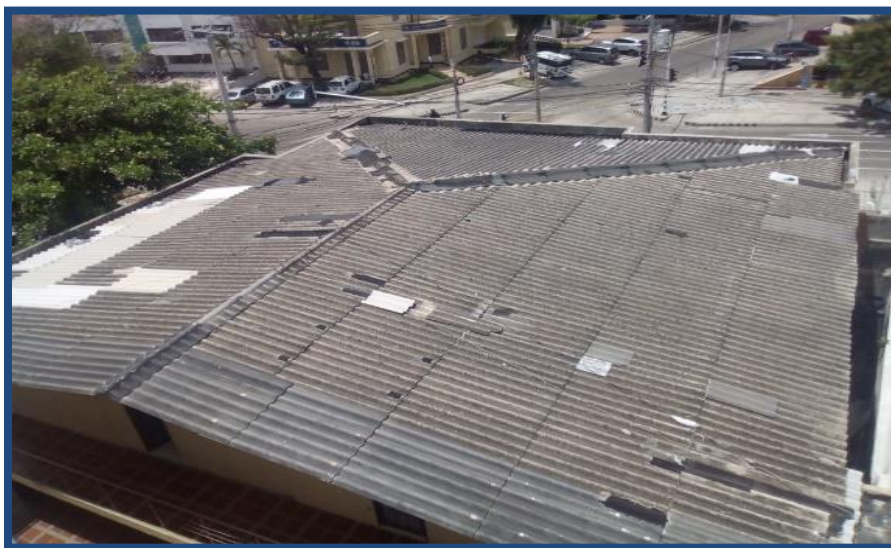


Figura C12-30. Cubierta edificio #1. Fuente: Propia

12.3.5.2 Cubierta edificio #2: cubierta plana impermeabilizada con manto asfáltico. Como remate hacia la fachada tiene un ático en el perímetro del edificio (figura C12-31)

12.3.5.3 Estado general: El estado de la cubierta del edificio #1 es regular, pues se presentan piezas rotas por las cuales se filtra la humedad hacia el cieloraso del segundo piso y el material del cual está compuesto (asbesto) lo hace altamente tóxico para la salud humana. La cubierta del edificio #2, que consiste en una terraza plana, también presenta un estado regular debido a la falta de mantenimiento del manto asfáltico lo que ha permitido la filtración de aguas hacia el piso inferior



Figura C12-31. Cubierta edificio #2. Fuente: Propia

Capítulo 13 La Estructura

En el presente capítulo se evaluarán y calificarán el estado de las edificaciones desde el punto de vista de su diseño estructural y del proceso constructivo utilizado en las instalaciones de la institución educativa FDI ubicadas en la ciudad de Barranquilla. 13.1

Calificación de la estructura

- 13.1 Evaluación estructural de las edificaciones

La revisión estructural de las edificaciones correspondientes a la institución educativa FDI se realizó con base en La Norma Colombiana de Construcciones Sismo Resistentes, NSR-10, y bajo las exigencias del Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes, Decreto 1400 de 1984.

A continuación, se presenta los criterios tenidos en cuenta en la evaluación estructural y sus correspondientes resultados, tanto para el edificio #1 como para el edificio #2 que hacen parte de las instalaciones de la institución educativa FDI.

13.1.1 Metodología de revisión estructural del edificio #1: De acuerdo con lo expuesto en el numeral 9.4.7 Sistema estructural y constructivo, el edificio #1 del FDI originalmente fue concebida como edificio para uso residencial (grupo de uso I) con un solo piso y posteriormente fue modificada adicionándole un segundo piso. Actualmente el edificio #1 tiene un uso mixto comercial institucional con salones de clase en su segundo nivel clasificándose dentro del grupo de uso III. En el numeral 9.4.7 se determinó que el sistema estructural predominante en el edificio #1 (sistema estructural de muros de carga, con muros en mampostería no reforzada) no es válido según la NSR-10 para ser utilizado en

las estructuras del grupo de uso III, por lo tanto, o se refuerza o se modifica su grupo de uso para disminuir las exigencias.

Por lo anterior, dada la inhabilidad del sistema estructural del edificio #1 dentro de las normativas vigente en Colombia, se realizará la revisión de estructural del edificio #1 considerándola dentro del grupo de uso I (vivienda residencial); grupo de uso para el cual fue concebida inicialmente. Lo anterior se realizó con el objetivo de verificar la funcionalidad estructural del edificio #1 dado el cambio en el grupo de uso de esta a uno de menores requerimientos sísmicos.

Para la revisión del sistema estructural del edificio # 1 de la institución FDI (considerándola dentro del grupo de uso I) se utilizó como guía el Manual de Evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas, (Build Change, Swisscontact y SENA, 2015) este documento y su aplicación se encuentra aprobado por la comisión Asesora permanente para el Régimen de construcción sismo resistente mediante el Acta 124 publicada el día 4 de marzo de 2015.

El manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas fue elaborado con el apoyo no técnico del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA a través de un convenio de cooperación con Swisscontact Colombia.

La aplicabilidad de esta manual cubre a edificaciones existente en el rango de construcción informal de Colombia específicamente edificaciones en mampostería Confinada (MC) de hasta tres pisos y edificaciones de mampostería no reforzada (MNR) en zona de amenaza sísmica baja o intermedia con hasta dos niveles en zona de amenaza alta.

El manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en vivienda asegura el cumplimiento de lo estipulado en la NSR-10 en A.10.4.4 basándose en los documentos del ASCE-31 “Seismic Evaluation of Existing Buildings” y en ASCE-41 “Seismic Rehabilitation of Existing Buildings.

Los dos anteriores documentos ASCE 31 Y ASCE 41, “exigen que la evaluación y la rehabilitación tenga una meta de desempeño sísmico determinada, lo que se define como alcanzar un determinado desempeño sísmico para un riesgo dado”. (Build Change, Swisscontact y SENA, 2015) El nivel de desempeño sísmico adoptado para la evaluación de la vulnerabilidad del edificio # 1 del FDI está basado en el nivel de seguridad Humana el cual es definido según el manual de referencia como:

“Nivel de Desempeño de seguridad Humana: Desempeño de la edificación que incluye daños a los componentes estructurales durante el sismo considerado en el diseño, de tal manera que (a) queda al menos algún margen antes del colapso estructural parcial o total, y (b) se puede producir lesiones, pero el riesgo general de lesiones fatales resultantes del daño estructural se espera que sea bajo”. (Build Change, Swisscontact y SENA, 2015)

El factor de movimientos sísmicos de diseño con seguridad limitada utilizados para evaluar vulnerabilidad del edificio #1 del FDI es de 0.75 y se considera igual a 1.00 para reforzamientos, según lo especificado en el manual de Evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas.

La evaluación sísmica del edificio #1 del FDI se realizará siguiendo una lista de verificación descrita en el manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción

de vulnerabilidad en viviendas, en las cuales se tienen en cuenta los siguientes seis (6) aspectos a evaluar:

- Amenazas geológicas del sitio
- Cimientos
- Sistema Constructivo
- Muros de mampostería.
- Configuración
- Elementos constructivos

13.1.2 Metodología de revisión estructural del edificio #2: Para la revisión estructural del edificio #2, construida antes de la vigencia del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, se tomó como guía los lineamientos descritos en el capítulo A-10 – “Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”.

La NSR-10 en el numeral A.10.1.4 (NSR-10 Tomo 1, Capítulo A-10) establece el procedimiento de la evaluación de la intervención para edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento. A continuación, se describen de manera general este procedimiento el cual será llevado a cabo en la revisión de la del edificio #2.

- Como primera fase se recopilará la **información preliminar** correspondiente al edificio #2, verificando previamente que la intervención está cubierta por el alcance del capítulo A.10 en el numeral A.10.1.3 de la NSR-10. La información para recopilar corresponde a todos los procesos y áreas de diseño y construcción

requeridos para la edificación; adicionalmente también se estudiará la información relacionada con cualquier modificación sobre la edificación.

En esta fase inicial de recopilación de información servirá para calificar el sistema estructural de la edificación según 2 aspectos: a) La calidad del diseño de la estructura original y de la construcción de esta ($\emptyset a$), y b) el estado de mantenimiento y conservación ($\emptyset b$). Posterior a la evaluación de estos dos aspectos se obtendrán los coeficientes respectivos $\emptyset a$ y $\emptyset b$.

- La segunda fase según el numeral A.10.1.4 de la NSR-10 corresponde a la **evaluación de la estructura existente**, esta segunda parte incluye las siguientes etapas, las cuales son tratadas en profundidad en el anterior numeral:

- a) Determinación de **solicitaciones equivalentes**: En el numeral A.10.4.2 de la NSR-10 menciona que se “debe establecer una equivalencia entre las solicitudes que se prescribe en la NSR-10 y las que la estructura está en capacidad de resistir en su estado actual”.

Según la NSR-10 en el capítulo A-10 para poder establecer el tipo de solicitudes equivalentes que debe estar en capacidad de resistir una estructura en su estado actual, se debe especificar previamente el tipo de intervención a la que será sometida la estructura; para la revisión del edificio # 2 se realizará un **análisis de la vulnerabilidad sísmica**, el cual se define en el numeral A.10.5 de la NSR-10 y será descrita más adelante en el presente documento.

- b) Se realizará un **análisis elástico** de la estructura para las solicitaciones equivalentes definidas anteriormente.
- c) Determinación de la **resistencia existente** de la estructura Nex con base en la información recolectada en la primera fase y en la experiencia del ingeniero.
- d) Determinación de la **efectiva de la estructura**, al multiplicar la resistencia existente Nex por los coeficientes ϕ_a y ϕ_b .
- e) Determinación del **índice de sobre esfuerzo** el cual se define según la NSR-10 en el numeral A.10.1.4 como “el máximo cociente obtenido para cualquier elemento o sección de éste, entre las fuerzas internas solicitadas del análisis estructural realizado en la segunda etapa para las solicitaciones equivalentes y la resistencia efectiva.
- f) Utilizando los desplazamientos horizontales obtenidos del análisis elástico (etapa 5), se obtendrán las derivas de la estructura.
- g) En este último paso se determinará el **índice de flexibilidad** por efectos horizontales, en la NSR-10 numeral A.10.1.4 se define este índice como “El máximo cociente entre las derivas obtenidas en la etapa 6 y las derivas permitidas por el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente”.

Adicional a lo descrito anteriormente en el procedimiento de la evaluación de la intervención para una edificación, al realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica para una

edificación existente según las especificaciones de la NSR-10 en el numeral A.10.5 este debe contener los siguientes aspectos:

- a) Determinación de los **índices de sobreesfuerzo individual** de todos los elementos estructurales de la edificación, considerando las relaciones entre la demanda sísmica de esfuerzos y la capacidad de resistirlos,
- b) Formulación una hipótesis de secuencia de falla de la edificación con base en la línea de menor resistencia, identificando la incidencia de la falla progresiva de los elementos, iniciando con aquellos un mayor índice de sobreesfuerzo
- c) Definición de un **índice de sobreesfuerzo general** de la edificación, definido con base en los resultados de (b). El inverso del índice de sobreesfuerzo general expresa la vulnerabilidad de la edificación como una fracción de la resistencia que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión del reglamento, y
- d) Obtención de un **índice de flexibilidad general** de la edificación, definido con base en la etapa 7 de esta sección y en el numeral A.10.4.3.5 de la NSR-10. El inverso del índice de flexibilidad general expresa la vulnerabilidad sísmica de la edificación como una fracción de la rigidez que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión de la NSR-10.

13.1.3 Determinación de la zona sísmica: Las edificaciones objeto de estudio se encuentran ubicadas en la ciudad de Barranquilla, según la tabla A.2.3-1 NSR-10 las edificaciones del

proyecto se encuentran en zona de amenaza sísmica Baja, donde el mayor valor de A_a y A_v varía entre 0.10.

- Coeficientes (A_a) y (A_v): Los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva y de velocidad horizontal pico efectiva fueron seleccionados de las Fig. A.2.3-2 Y A.2.3-3 NSR-10, y son los que se presentan a continuación:

Aceleración Horizontal pico efectiva (A_a): 0.10

Velocidad Horizontal pico efectiva (A_v): 0.10

- Definición del tipo de perfil de suelo y de los coeficientes f_a y f_v : Según la tabla A.2.4-1 NSR-10 y según el estudio de suelo realizado por la firma CONSTRUSUELOS, el perfil de suelo corresponde a un perfil tipo D. Teniendo definidos el tipo de suelo y los valores de A_a y A_v se puede obtener los valores F_a y F_v de las tablas A.2.4-3 Y A.2.4-4.

A continuación, se presentan los valores de F_a y F_v obtenidos.

Tipo de perfil de suelo: D

Coeficiente de amplificación del suelo para periodos cortos (F_a): 1.6

Coeficiente de amplificación del suelo para periodos intermedios (F_v): 2.4

- 13.2 Evaluación estructural del edificio #1

13.2.1 Generalidades: La estructura sin necesidad de analizarse ya muestra un mal comportamiento, ya que carece de pórtico antisísmicos (solo cuenta con pórticos en un solo sentido), luego cualquier carga lateral accionario el efecto fichas de dominó (pórticos cayéndose unos sobre otros sucesivamente). La conexión entre los distintos pórticos solo

se realiza por medio de la losa. La NSR 10 expresa que las losa como elementos estructural secundarios no puede contribuir a la rigidez lateral de la estructura.

Por tal motivo se hace necesario incorporar en la estructura elementos que se encarguen de soportar la carga sísmica longitudinal.



Figura C13-1. Edificio #1 pórtico en un solo sentido con columna circular. Fuente: Propia

13.2.2 Configuración estructural: La estructura como se mencionó en el numeral 8.4.7 solo cuenta con pórticos en un solo sentido. La conexión entre los distintos pórticos solo se realiza por medio de la losa. Solo se encontraron posterior al levantamiento estructural pórticos en un solo sentido, (ver figura C13-1), y mampostería en ladrillo en la parte posterior de los mismos cerca del 45% llega a la losa del entrepiso, de igual manera se encontró un pórtico metálico en IPE120 confinando un muro.

Para la evaluación y revisión del edificio #1 esta se consideró con un sistema estructural de muros de cargas, con muros en mampostería no reforzada según lo discriminado en el numeral 8.4.7

13.2.3 Materiales de la edificación: Posterior a la realización de pruebas de laboratorio destructivas y no destructivas (escarificación, ferroskan, ultrasonido y extracción y fallo de núcleos de concreto) se adoptarán para el análisis estructural de la edificación los siguientes valores de referencia para los materiales del edificio #1.

Los materiales encontrados en la edificación presentan calidad deficiente a muy deficiente según la correlación por la velocidad de onda medida por el ensayo de ultrasonido sobre los elementos estructurales de concreto, corroborado por el ensayo a compresión realizado sobre el núcleo extraído en la columna D3, el cual arrojó una resistencia f'_c de 15220 kN/m² que no cumple con el valor mínimo para un concreto estructural según la NSR-10. Con respecto al pórtico metálico encontrado (IPE 120), presenta gran alto grado de corrosión debido a que no presentaba ninguna tipa de anticorrosivo o barrera para su protección.

13.2.4 Cargas estimadas del edificio #1: En la revisión estructural realizada para el edificio #1 se consideran los siguientes casos de carga definidos según el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10:

D = Carga muerta

L = Carga viva

A continuación, se desglosan las cargas vivas y muertas consideradas en la edificación de acuerdo con el título B de la NSR-10.

- Cargas Muertas: La carga muerta está representada por el peso de los muros, losa, elementos de mampostería y elementos adicionales considerados. Para la

evaluación de las cargas muertas de la edificación se tuvo en cuenta los valores mínimos especificados en el Título B. 3- CARGAS MUERTAS de la NSR-10.

EDIFICIO #1 INSTITUCIÓN EDUCATIVA FDI	
EVALUACIÓN DE CARGAS PISO TIPO 1	
1 Ppropio losa	4,800KN/m ²
2 ρ Muros Externos:	3,594KN/m ²
3 plantilla de piso	1,100KN/m ²
4 cielo raso	0,440KN/m ²
5 ρ columnas	0,0913KN/m ²
6 ρ vigas	0,17KN/m ²
CARGA MUERTA TOTAL	10,20KN/m²

Figura C13-2. Evaluación de cargas muertas para el edificio #1 del FDI. Fuente: Propia.

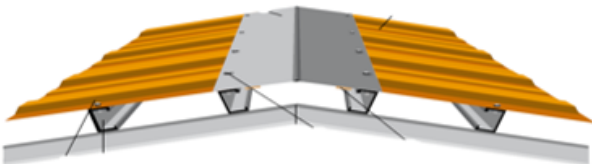
EDIFICIO #1 INSTITUCIÓN EDUCATIVA FDI	
CALCULO DE CARGAS PISO 2	
	
C corrugada asbesto cement	0,20KN/m ²
Entablado de Madera	1,20KN/m ²
Impermeabilización	0,15KN/m ²
ρ Muros Externos:	3,56KN/m ²
ρ vigas	0,55KN/m ²
CARGA MUERTA TOTAL	5,66KN/m²

Figura C13-2a. Evaluación de cargas muertas para edificio #1 del FDI. Fuente: Propia.

- Cargas Vivas: Según la NSR-10 en el título B.4 CARGAS VIVAS; las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser la máxima carga que se esperan ocurran en la edificación debido al uso que ésta va a tener.

Cabe señalar que a pesar de que la edificación según su localización y su edad se asume que fue concebida originalmente para uso de vivienda residencial la evaluación se realiza bajo las condiciones actuales de la edificación

Para la evaluación de las cargas vivas a considerar en la edificación se tuvo en cuenta los valores mínimos especificados en la Tabla B.4.2.1-1 Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas de la NSR-10.

Véase la tabla 12 que contiene los valores de carga vivas utilizados para el análisis de la edificación y los cuales fueron tomada de la NSR-10 A.2.3-1.

Tabla 12: CARGAS VIVAS PARA EDIFICIO #1

Carga vivas para salones de clase	2.00 KN/m ²
Corredores y escaleras	5.00 KN/m ²

13.2.5 Chequeo de porcentaje de área de muros provista: Según el manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en vivienda, se exige el cálculo del porcentaje de área de muros existentes y del provisto para la evaluación estructural de la edificación

Para que el edificio #1 apruebe el criterio del porcentaje de área de muros, el porcentaje de área de muros existentes en cada nivel y en cada dirección debe ser superior al porcentaje de área de muros requerido, este último parámetro depende del tipo de sistema estructural de muros de carga; para nuestro caso corresponde a muros de mampostería no reforzada (MNR).

- Porcentaje de área de muros existente: El porcentaje de área de muro existente según el manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de

vulnerabilidad en vivienda, se calcula como “el área de paredes en cada dirección dividido entre el área total del entrepiso o techo soportado por las paredes. El PAM se debe calcular por separado para la dirección transversal y la longitudinal de la edificación en cada nivel”. (Build Change, Swisscontact y SENA, 2015)

$$PAM_{existente} = \frac{t_{m1} + l_{m1} + C_{N1} + t_{m2} + l_{m2} + C_{N2} + \dots + t_{mn} + l_{mn} + C_{Nn}}{Ac}$$

Las variables t_{m1} , l_{m1} y C_{N1} corresponden a:

t_{m1} = Espesor de muro #1 (repetir para todos los muros de la misma dirección)

l_{m1} = longitud del muro #1 (repetir para todos los muros de la misma dirección).

C_{N1} = Factor de área neta del muro. Ver abajo para los valores de CN aplicables a configuraciones típicas de muros.

Ac = Área de cubierta o entrepiso.

La figura C13-3 presenta la representación de los muros longitudinales y transversales en una vivienda en mampostería para el cálculo del porcentaje de área de muros provista.

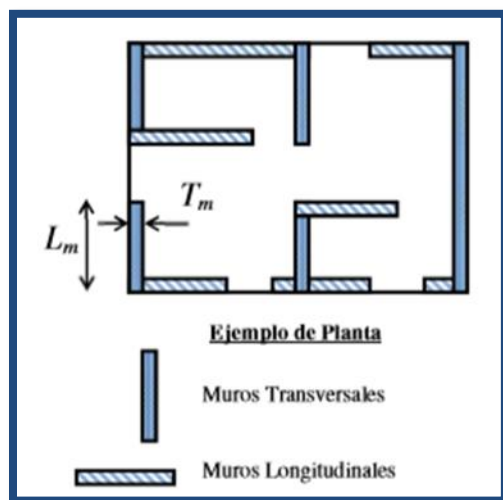


Figura C13-3. Muros transversales y longitudinales configuración en planta para calculo de porcentajes de muros. Fuente: Buildchange and Swisscontact, 2015

- Porcentaje de área de muros requerido: El porcentaje de área de muros requeridos se define para el sistema de muros de cargas de mampostería no reforzada MNR, como un valor igual o mayor a 8% del área de cubierta.

A continuación, se presentan los cálculos necesarios para el chequeo del porcentaje de área de muro provista; este chequeo se realizó considerando un espesor $t = 0,12$ m, una altura de mampostería $h = 2,8$ m y un factor de área neta $C = 1,34$. En la tabla 10 se presenta un resumen del porcentaje de área de muro provista y porcentaje de área de muro requerida para cada una de las direcciones de la edificación.

Como se puede apreciar en la tabla 13 el porcentaje de área de muro provista es inferior al porcentaje de área de muro requerida para cada dirección del edificio #1 por tanto el edificio con las condiciones existente no cumple este parámetro y debe ser reforzada.

Tabla 13: CALCULO DEL PORCENTAJE DE ÁREA DE MURO PROVISTA Y REQUERIDA

ÁREA DE MURO PROVISTA Y REQUERIDA			
NIVEL	% ÁREA REQUERIDA	% ÁREA PROVISTA	
		TRANS	LONG
2	8%	4.3	2.9
1		3.2	2.5

Fuente: Propia

13.2.6 Lista de verificación de deficiencias para el edificio #1: Tal como fue descrito en el numeral 13.2.1 del presente documento, la evaluación sísmica del edificio #1 del FDI se realizó por medio de una lista de verificación incluida en el manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas. En esa lista de verificación se evalúan seis (6) aspectos técnicos que incluyen:

- Amenazas geológicas del sitio
- Cimientos
- Sistema Constructivo
- Muros de mampostería.
- Configuración
- Elementos constructivos

El número total de ítems cubiertos en la lista de verificación corresponde a 29 ítems, en los cuales se chequea el cumplimiento o no cumplimiento del concepto técnico o la no aplicabilidad de este.

En el anexo III se presentan las 7 fichas que incluyen los 29 ítems de la lista de verificación de deficiencia para el edificio #1. En ellas se verifica que el edificio #1 no

cumple 8 de los 29 ítems incluidos en esta lista de verificación, lo cual corresponden a un 28% de los chequeos. Por tanto, la edificación debe ser reforzada para eliminar las deficiencias presentes en ella.

Dentro de los ítems que no cumple el edificio #1 se encuentran los siguientes:

- 3.2 Trayectoria de carga
- 3.5 Carga promedio
- 3.8 voladizos
- 4.2 Vanos
- 4.4 Porcentaje de áreas de muros
- 5.1 Torsión
- 5.3 Discontinuidades verticales
- 6.2 Vanos en placas de muros cortantes.

La mayoría de estos ítems puede ser corregido mediante la inclusión de muros adicionales o al suprimir algunos existentes; Sin embargo, cabe destacar que la evaluación estructural del edificio #1 se realizó considerando el cambio del uso de la edificación del grupo de uso III al grupo de uso I, dado que el sistema estructural de muros de carga con muros en mampostería no reforzada no es considerado en la NSR-10 como un sistema válido para el grupo de uso III y adicionalmente este sistema tampoco posee capacidad de disipación de energía.

De la anterior revisión estructural del edificio #1 se concluye que el sistema estructural del edificio #1, no es funcional estructuralmente en sus condiciones actuales ni para el grupo de uso III, que es el grupo de uso para el cual está siendo utilizado, ni para el grupo

de uso I que es el grupo de uso valido según la norma NSR-10 de este sistema estructural. Se considera que la edificación debido a las deficiencias estructurales, la capacidad de disipación sísmica del sistema estructural y el grupo de uso al cual está siendo sometido posee un alto grado de vulnerabilidad.

Se debe realizar una evaluación económica ante las posibilidades de la demolición del edificio #1 o el requerimiento de reforzamiento estructural de la misma, sea cualquiera que sea el grupo de uso en el cual se determine utilizar.

- 13.3 Evaluación general del edificio #2

13.3.1 Generalidades: Al realizar la exploración de campo del edificio y el levantamiento de las lesiones se evidencia que el edificio #2 posee un sistema estructural un poco más organizado y mejor definido que el del edificio #1, sin embargo, debido a la falta de mantenimiento adecuado y especialmente al cambio de uso sin un análisis consiente de la estructura y de las cargas adicionales sobre la edificación; esta presenta lesiones producto de estos dos aspectos que han afectado su vida útil.

En la presente sección se realiza un análisis de la vulnerabilidad sísmica acorde con los criterios definidos anteriormente en el numeral 13.1.2 del presente documento y establecidos en el capitulo A-10 de la NSR-10.

13.3.2 Configuración estructural: Como se mencionó en el numeral 8.4.7, el sistema estructural del edificio #2 se encuentra conformado por pórticos en concreto reforzado en dos sentidos, resistente a momentos, que resisten todas las cargas verticales y fuerzas horizontales, con columnas rectangulares y circulares.

La losa del edificio #2 es aligerada con bloques de arcilla, armada en una dirección, en concreto reforzado y loseta con espesores de 70 a 100 mm de espesor apoyada sobre vigas descolgadas.

Las vigas, con altura total de 400 mm transmiten las cargas a las columnas. Las luces entre columnas de la edificación son inferiores a 10.00 metros. El edificio tiene una altura de aproximadamente 13.00 metros, con alturas de entrepiso que varían de 4,16m a 2,40m.

En la primera losa se encuentra discontinuidad estructural debido a que los pórticos en sentido X se encuentran a alturas diferentes de los pórticos en sentido Y (Ver figura C13-4 y C13-4a).

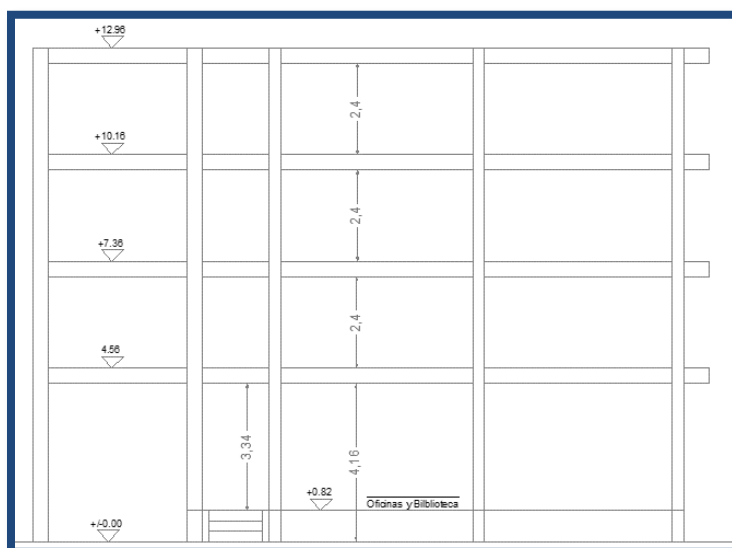


Figura C13-4. Alzado estructural típico edificio #2. Fuente: Levantamiento estructural

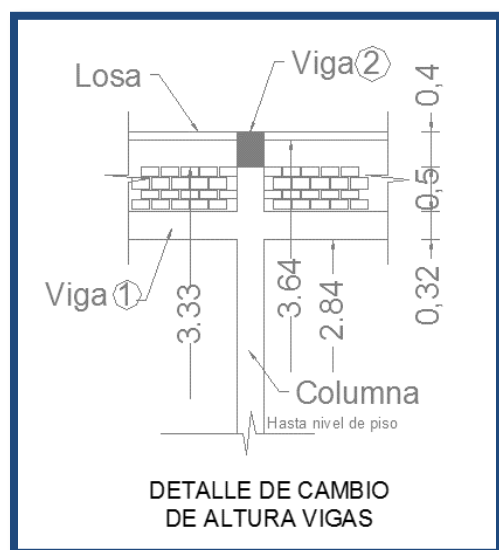


Figura C13-4a. Sección transversal de losa edificio #2. Fuente: Levantamiento estructural

13.3.3 Materiales de la edificación: Posterior a la realización de pruebas de laboratorio destructivas y no destructivas (escarificación, ferrosacan, ultrasonido y extracción y fallo de núcleos de concreto) se adoptarán para el análisis estructural de la edificación los siguientes valores de referencia para los materiales del edificio #2.

- La evaluación de la vulnerabilidad del edificio #2 se realiza tomando como resistencia del concreto $f'_c = 13000 \text{ KN/m}^2$, obtenido del promedio de las resistencias de los ensayos de núcleo de las muestras extraídos de las columnas.
- Para vigas se trabajó con una resistencia del concreto $f'_c = 13000 \text{ KN/m}^2$.
- Para la resistencia del acero se toma un $f_y = 420 \text{ MPa}$ para refuerzo longitudinal y $f_y = 240 \text{ MPa}$ para refuerzo transversal o estribos.

De acuerdo con la Normativa Técnica Colombiana NTC 5551 CONCRETOS. DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO se especifica en el numeral 4 y 5 las condiciones de exposición y los requisitos de durabilidad. El edificio #2 está sometida

a una categoría de exposición 2.2 Humedad media, para esta categoría en el numeral 5 de la NTC 5551 se especifica una resistencia mínima a compresión de 28 Mpa. Adicionalmente en la tabla C.4.3.1 del capítulo C.4 de la NSR-10 específica para una categoría C0, (correspondiente a concreto seco o protegido contra la humedad), una resistencia mínima f'_c de 17 MPA. De acuerdo con lo anterior las resistencias de concreto utilizadas encontradas en el edificio #2 no cumple con los valores mínimos para concretos estructurales de especificados por las normativas colombiana vigentes.

13.3.4 Cargas estimadas de la estructura: En la revisión estructural realizada para el edificio #2 se consideran los siguientes casos de carga definidos según el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10:

D = Carga muerta

L = Carga viva

E= Sismo

A continuación, se desglosan las cargas vivas y muertas consideradas en la edificación de acuerdo con el título B de la NSR-10, las cargas debido a fuerzas sísmicas se desglosan en el numeral 13.4.5 sismo de diseño.

- Cargas muertas: La carga muerta está representada por el peso de los muros, losa, elementos de mampostería y elementos adicionales considerados. Para la evaluación de las cargas muertas de la edificación se tuvo en cuenta los valores mínimos especificados en el Título B. 3- CARGAS MUERTAS de la NSR-10. (ver figura C13-5)

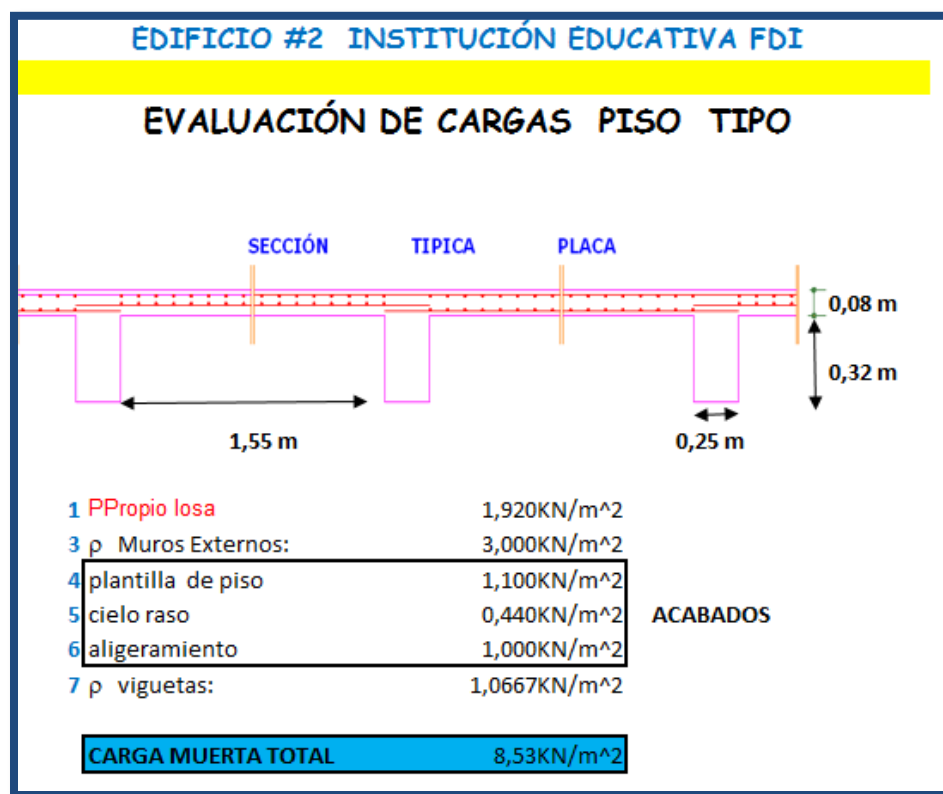


Figura C13-5. Evaluación de cargas edificio #2. Fuente: Levantamiento estructural

- Cargas vivas: Según la NSR-10 en el título B.4 CARGAS VIVAS; las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser la máxima carga que se esperan ocurran en la edificación debido al uso que ésta va a tener.

Para la evaluación de las cargas vivas a considerar en la edificación se tuvo en cuenta los valores mínimos especificados en la Tabla B.4.2.1-1 Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas de la NSR-10, los cuales son resumidos en la Tabla 14.

Tabla 14: CARGAS VIVAS PARA EDIFICIO #2

Cargas vivas para salones de clase	2.00 KN/m ²
Corredores y escaleras	5.00 KN/m ²

13.3.5 Análisis estructural del edificio #2: Para la modelación del edificio #2 se utilizó el software de análisis estructural ETABS 2016.

El modelo geométrico del edificio #2 se elaboró teniendo en cuenta los datos obtenidos de los planos estructurales (recopilados mediante levantamiento topográfico) y las investigaciones de campo realizadas directamente a la edificación. En la figura C13-6 se presenta un esquema en 3D realizado de la estructura en el software ETABS.

Por medio del software ETABS se analiza el comportamiento estructural (movimientos, cargas axiales y cortantes) de cada uno de los miembros que conforma la edificación, comparando estos resultados con los diseños plasmados en los planos de levantamiento y siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo A.10 de la NSR-10.

Las combinaciones de cargas utilizadas en la revisión estructural del edificio #2 corresponden a las establecidas por la NSR-10 en el numeral B.2.4.2.

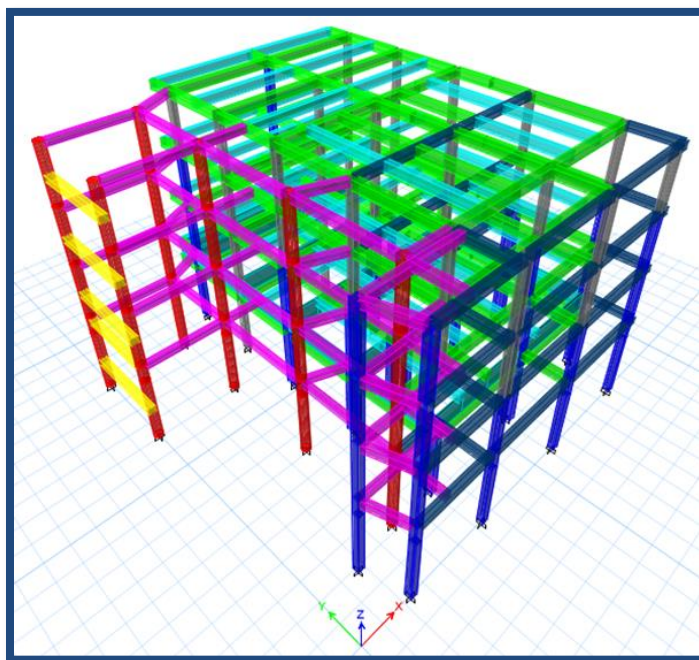


Figura C13-6. Modelo tridimensional del edificio #2 realizado en ETABS. Fuente: Propia.

13.3.6 Solicitaciones sísmicas equivalentes: Según la NSR-10 en el capítulo A.10 en el numeral A.10.4 se especifica que debe establecer una equivalencia entre las solicitaciones que se definen en la NSR-10 y las que la estructura está en capacidad de resistir en su estado actual.

Para el caso de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio #2 se utilizaron los movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva, tal como se prescribe en el Capítulo 2 de la NSR-10.

En el capítulo A.2 de la NSR-10 La forma del espectro elástico de aceleraciones, S_a expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente del 5% del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño se da en la figura A.2.6-1 de la NSR-10, con sus correspondientes ecuaciones, las cuales se reescriben a continuación:

$$\text{Para } T = 0 \rightarrow S_a = A_a * F_a * I$$

$$\text{Para } 0 < T < T_o \rightarrow S_a = 2.5 * A_a * F_a * I * \left(0.4 + 0.6 * \frac{T_a}{T_o} \right)$$

$$\text{Para } T_o < T < T_c \rightarrow S_a = 2.5 * A_a * F_a * I$$

$$\text{Para } T_c < T < T_l \rightarrow S_a = \frac{1.2 * A_v * F_v * I}{T}$$

$$\text{Para } T > T_l \rightarrow S_a = \frac{1.2 * A_v * F_v * T_l * I}{T^2}$$

La tabla 15 presenta un resumen de los factores mencionados en los numerales 8.4.5, 8.4.6 y 13.2.1; para el edificio #2. Estos factores sirven para construir la representación gráfica de los movimientos sísmicos establecidos para este análisis de vulnerabilidad.

Tabla 15: PARÁMETROS SÍSMICOS APORTADOS POR EL ESTUDIO DE SUELOS PARA EDIFICIO #2

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Localidad	Barranquilla, Atlántico
Riesgo sísmico	BAJO
Coeficiente de aceleración pico esperado para diseño (Aa)	0.10
Coeficiente de velocidad pico efectiva (Av)	0.10
Tipo de perfil del suelo	D
Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración el períodos cortos, Fa (NSR-10 tabla A.2.4-3)	1.6
Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración el períodos intermedios, Fv (NSR-10 tabla A.2.4-4)	2.4

Fuente: Propia

A continuación, se presenta la en la figura C13-7 el espectro elástico de diseño obtenido para la edificación del estudio por medio de las ecuaciones y valores establecidos en la NSR-10.

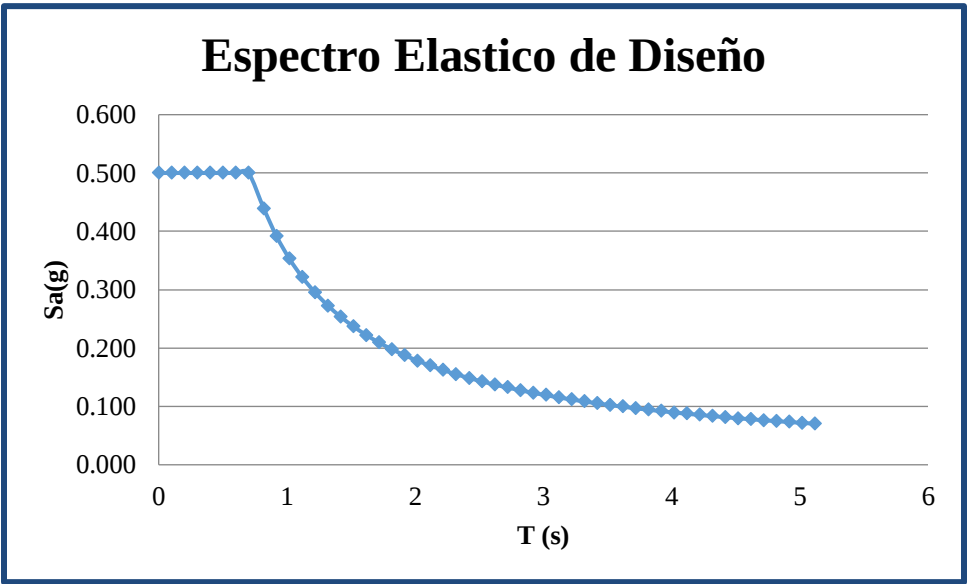


Figura C13-7. Espectro elástico de diseño edificio #2. Fuente: Propia

La table 16 presenta los valores calculados necesarios para la construcción del espectro elastic de diseño de la figura C13-7.

Tabla 16: ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO

Aa	0.1	-	-
Av	0.1	-	-
Fa	1.6	Tc	0.72
Fv	2.4	Tl	5.76
I	1.25	To	0.25

Fuente: Propia

13.3.7 Coeficiente de disipación de energía R' : Según tabla A.3.7 NSR-10, el diseño de los elementos estructurales y sus conexiones se realiza cumpliendo los requisitos exigidos para el grado de capacidad de disipación de energía requerido de los materiales. Cuando una estructura es irregular en (planta ó en altura y tenga ausencia de redundancia), el valor de R , coeficiente de capacidad de disipación de energía R que se utilice en el diseño sísmico de la edificación, debe reducirse multiplicando por el valor de ϕ_p , debido a irregularidades en planta, por ϕ_a debido a irregularidades en altura, y por ϕ_r debido a ausencia de redundancia, dichos valores se obtienen de la tabla A.3.5 y A.3.6, y del literal A.3.3.8.

$$R = \phi_a * \phi_p * \phi_r * R_0$$

13.3.8 Calificación de las estructuras: En el presente numeral se calificará el edificio #2 con respecto a dos factores: a) La calidad del diseño de la estructura original y de la construcción de esta y, b) El estado de mantenimiento y conservación de la misma. Las evaluaciones de estos dos aspectos servirán para calcular la resistencia efectiva N_{ef} de los elementos.

Para la evaluación de estos dos factores se utilizará la tabla A.10.4-1 (Fig. C13-8) donde se especifica el valor ϕ_c y ϕ_e según la evaluación de la calidad del diseño y la construcción, y del estado del edificio.

	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

Figura C13-8. Valores de ϕ_c y ϕ_e . Fuente: Capítulo A.10 NSR-10.

- Calidad del diseño de la estructura original y de la construcción de esta, ϕ_c : Se considera que el edificio #2 posee un diseño y configuración estructural catalogado como regular, debido a las modificaciones posteriores que se realizaron en la misma, donde se incrementaron las cargas y se incluyeron columnas que no transfieren adecuadamente las cargas a la cimentación tal como se menciona en el numeral 14.3.2 del presente documento. Bajo esta información se califica el valor de ϕ_c igual a 0.8.
- Estado de la edificación, ϕ_e : Debido a las modificaciones de usos y a la falta de mantenimiento adecuado especialmente en los elementos tipo vigas, columnas y losa de cubierta del edificio #2, los cuales presentan lesiones importantes. Se califica el estado del edificio como regular. Bajo esta calificación el valor ϕ_e es igual a 0.8.

13.3.9 Análisis elástico de la edificación-evaluación fuerza horizontal equivalente: Obtenido del programa de análisis estructural se tiene que el peso estimado de la estructura es de 9376 kN.

Para la altura máxima de la estructura que es de 13 m, se estima el periodo fundamental aproximado de la estructura acorde a A.4.2.2

$$T_a = c_t h^\alpha$$

$$C_t = 0,047$$

$$\alpha = 0,9$$

$$T_a = 0,47s$$

$$h = 13$$

El periodo T va a ser igual o menor $C_u T_a$ y $C_u = 1,75 - 1,2 \cdot A_v \cdot F_v$, por lo cual el periodo T es igual a:

$$C_u = 1,75 - 1,2 \cdot A_v \cdot F_v = 1,46$$

$$T = C_u \cdot T_a = 1,46 \cdot 0,47 = 0,70s$$

Para el periodo determinado tenemos que el S_a correspondiente es de 0,5, por lo cual el valor del cortante basal de diseño es:

$$V_{est} = S_a \cdot W = 0,5 \cdot 9376kN = 4688 Kn$$

Teniendo en cuenta que es una estructura irregular debido a sus discontinuidades estructurales se debe alcanzar en el cortante dinámico al menos el 90% del cortante estático de diseño.

$$0,9 \cdot V_{est} = V_{din} = 4219 \text{Kn}$$

13.3.10 Análisis dinámico de la Edificación.

- Numero de modos de vibración: La NSR-10 en A.5.4.2 especifica lo siguiente.
 “Deben incluirse en el análisis dinámico todos los modos de vibración que contribuyan de una manera significativa a la respuesta dinámica de la estructura. Se considera que se ha cumplido este requisito cuando se demuestra que, con el número de modos empleados, p , se ha incluido en el cálculo de la respuesta, de cada una de las direcciones horizontales principales, j , por lo menos el 90 por ciento de la masa participante de la estructura.

A continuación, se presentan en la tabla 17 el número de modos de vibración que se considera en el análisis y su correspondiente participación modal de las masas.

TABLA 17: MODOS DE VIBRACIÓN CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO #2.

MODO	PERÍODO	UX	UY	SUM UX	SUM UY
1	1.27	0.7985	0.0002	0.7985	0.0002
2	1.063	0.0021	0.4865	0.8006	0.4866
3	0.974	0.0014	0.2547	0.8021	0.7413
4	0.442	0.1626	0.001	0.9647	0.7422
5	0.39	0.0017	0.1469	0.9664	0.8892
6	0.335	0.0004	0.0541	0.9668	0.9433

Fuente: Propia

- Cortante dinámico: Según la norma NSR-10 en el capítulo A-5 el valor del cortante dinámico total en la base, V_{tj} , obtenido después de realizar la combinación modal,

para cualquiera de las direcciones principales, j , no puede ser menor que los siguientes valores.

- a) para edificios clasificados como irregulares de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.3, no puede ser menor que el 90% del cortante sísmico en la base, V_s , calculado de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.4, y
- b) para edificios clasificados como regulares de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.3, no puede ser menor que el 80 por ciento del valor del cortante sísmico en la base, V_s , calculado de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.4 utilizando el período de vibración aproximado T_a dado en A.4.2.2. (NSR-10 Título A.5)

En este caso la estructura se considera como estructura irregular, los valores del cortante dinámico arrojados por el programa ETABS vs16 son presentados en la tabla 18

TABLA 18: CORTANTE DINÁMICO OBTENIDO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO #2

Load Case/Combo	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m	Vb(dinámico) KN
SX Max	2202	110	0	863	20011	24288	2205
SY Max	110	2263	0	21150	863	26448	2265

Fuente: Propia

En este caso los valores del cortante dinámico son inferiores a los obtenidos por medio del método de la fuerza horizontal equivalente (ver numeral 13.3.8), por tanto, se considera necesario realizar ajuste al cortante obtenido por métodos dinámico. Como es una estructura de tipo irregular se debe ajustar los chequeos por medio del literal b para cumplir el 90% mínimo del cortante basal estático.

Tipo de edificio:	Irregular
Vs(Fhe):	4268.3275
90% Vs(Fhe):	3841.4948
VDIN-X	2205.0711
VDIN-Y	2265.3534
FACTORES DE AJUSTE	
F(ajuste-X):	1.74
F(ajuste-Y)	1.70
CORTANTE MAYORADO	
VDIN-X (mayorado)	3841.4948
VDIN-Y (mayorado)	3841.4948

13.3.11 Relación entre demanda y capacidad del edificio #2: De acuerdo con la NSR-10 en el título A.10.4.3 en el proceso de evaluación de una estructura existente “deben determinarse unos índices de sobreesfuerzo y de flexibilidad, que permitan definir la capacidad de la estructura existente de soportar y responder adecuadamente ante las sollicitaciones equivalentes” (NSR-10 Título A.5)

- Índice de Sobreesfuerzo: La NSR-10 en A.10.4.3.1, define el índice de sobreesfuerzo como el cociente entre las sollicitaciones equivalentes y la resistencia efectiva.

Para el caso de la evaluación de la vulnerabilidad del edificio #2 se calcularon tanto el índice de sobreesfuerzo de los elementos estructurales

considerados individualmente, como el índice de sobreesfuerzo de toda la estructura.

A continuación, se presenta un resumen del cálculo de los índices de sobreesfuerzo para los elementos estructurales y para todos los correspondientes efectos (cortante, flexión, torsión, etc).

La tabla 19 y 20 presentan los índices de sobreesfuerzo a cortante y a flexión en vigas obtenidos para cada piso y al final de cada tabla se presenta el índice de sobreesfuerzo a cortante y a flexión en vigas de toda la estructura en general.

**TABLA 19: ÍNDICE DE SOBRESFUERZO A CORTANTE
EN VIGAS DEL EDIFICIO #2.**

INDICE A SOBRESFUERZO A CORTANTE EN VIGAS	
VIGA PISO1	1.18
VIGA PISO 2	1.51
VIGA PISO 3	1.98
VIGA PISO 4	1.89
VIGA PISO 5	1.59
I S a cortante en vigas	1.98

Fuente: Propia

**TABLA 20: ÍNDICE DE SOBRESFUERZO A FLEXIÓN
EN VIGAS DEL EDIFICIO #2.**

INDICE A SOBRESFUERZO A FLEXIÓN EN VIGAS	
VIGA PISO1	1.39
VIGA PISO 2	3.75
VIGA PISO 3	10.44
VIGA PISO 4	9.58
VIGA PISO 5	11.22
I S a flexión en vigas	11.22

Fuente: Propia

Como se evidencia los índices de sobreesfuerzo a flexión y cortante de las vigas de todos los pisos superan los valores permisibles por normativa. En el anexo VIII Resultados de la Evaluación de la vulnerabilidad del edificio #2, se presentan en las tablas D1 a D10 el cálculo de los índices de sobreesfuerzo a flexión y cortante de todas las vigas de la edificación.

Las tablas 21 y 22 presentan los índices de sobreesfuerzo a flexo-compresión y a cortante de todas las columnas de cada elemento y en cada piso de la edificación, y al final de cada tabla se presenta el índice de sobreesfuerzo a flexo-compresión y a cortante en las Columnas de toda la estructura en general.

TABLA 21: ÍNDICE DE SOBRE ESFUERZO A FLEXOCOMPRESIÓN EN COLUMNAS DEL EDIFICIO #2.

COLUMNA PISO1	2.32
COLUMNA PISO 2	3.54
COLUMNA PISO 3	4.10
COLUMNA PISO 4	1.57
COLUMNA PISO 5	1.57
I S a flexocompresión en vigas	4.10

Fuente: Propia

TABLA 22: ÍNDICE DE SOBRE ESFUERZO A CORTANTE EN COLUMNAS DEL EDIFICIO #2.

COLUMNA PISO1	3.30
COLUMNA PISO 2	3.05
COLUMNA PISO 3	2.77
COLUMNA PISO 4	2.82
COLUMNA PISO 5	2.75
I S a cortante en vigas	3.30

Fuente: Propia

En el anexo VIII, Resultados de la Evaluación de la vulnerabilidad del edificio #2 se presentan en las tablas D11 y D12 el cálculo de los índices de sobreesfuerzo a flexión y cortante de todas las columnas de la edificación.

Finalmente, en la tabla 23 se presentan el índice de sobreesfuerzo para toda la estructura teniendo en consideración todos los efectos de importancia y los máximos valores obtenidos para cada efecto como se establece en la NSR-10.

TABLA 23: ÍNDICE DE SOBRESFUERZO GENERAL DEL EDIFICIO #2.

INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN VIGAS (CORTANTE)	1.98
INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN VIGAS (FLEXIÓN)	11.22
INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN COLUMNAS FLEXOCOMPRESIÓN)	4.10
INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN COLUMNAS (CORTANTE)	3.30
INDICE DE SOBRE ESFUERZO GENERAL DEL EDIFICIO #2	11.22

Fuente: Propia

- Índice de Flexibilidad: La NSR-10 define en A.10.4.3.5 el índice de flexibilidad como la susceptibilidad que tiene una estructura a tener deflexiones o derivas excesivas, con respecto a las permitidas por el reglamento.

A continuación, se presentan en la tabla 21 el cálculo de las derivas de piso, (de acuerdo con las especificaciones del capítulo A.6 de la NSR-10), obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño o solicitaciones equivalentes descritas en la sección 13.3.8 del presente documento.

En la última columna de la tabla 24 se presenta el cálculo de índice de flexibilidad de piso en ambas direcciones para el edificio #2. En la dirección X el índice de flexibilidad máximo encontrado es 5.27% y en la dirección Y es 5.60%,

estos valores exceden el máximo permitido por la norma correspondiente a un valor de 1%.

TABLA 24: CALCULO DE DERIVAS Y DEL ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD DE PISO EN AMBOS SENTIDOS (X, Y) DEL EDIFICIO #2.

ESTADO DE CONSERVACIÓN ACTUAL									
DERIVAS EN X POR PISO									
PISO		COMBINACIÓN	ΔX [cm]	ΔY [cm]	Δ_{total} [cm]	hpi [cm]	$\Delta_{permitida}$ [cm]	Chequeo	Índice de flexibilidad de piso sentido X
4	X	DERIVA X Max	15.6189	2.5149	15.82007	300	3	Not OK	5.27
3	X	DERIVA X Max	12.3031	1.9268	12.45306	280	2.8	Not OK	4.45
2	X	DERIVA X Max	7.6763	1.1191	7.75745	280	2.8	Not OK	2.77
1	X	DERIVA X Max	3.5706	0.5821	3.61774	436	4.36	OK	0.83
Base		DERIVA X Max	0	0	0.0	0	0	OK	0.00
DERIVAS EN Y POR PISO									
PISO		COMBINACIÓN	ΔX [cm]	ΔY [cm]	Δ_{total} [cm]	hpi [cm]	$\Delta_{permitida}$ [cm]	Chequeo	Índice de flexibilidad de piso sentido Y
4	Y	DERIVA Y Max	8.7897	14.3082	16.79236	300	3	Not OK	5.60
3	Y	DERIVA Y Max	6.9088	10.6624	12.70505	280	2.8	Not OK	4.54
2	Y	DERIVA Y Max	4.2974	5.5697	7.03486	280	2.8	Not OK	2.51
1	Y	DERIVA Y Max	2.1168	2.5234	3.29369	436	4.36	OK	0.76
Base	Y	DERIVA Y Max	0	0	0	0	0	OK	0.00

Fuente: Propia

Finalmente, en la tabla 25, se presenta el valor del índice de flexibilidad de la estructura calculado para el edificio #2. De acuerdo con la NSR-10, en el numeral A.10.4.3.5 se define el índice de flexibilidad de la estructura como el mayor valor de los índices de flexibilidad de piso de toda la estructura, considerando en su cálculo tanto las deflexiones verticales como las horizontales.

TABLA 25: ÍNDICE DE LA FLEXIBILIDAD GENERAL DEL EDIFICIO #2 EN SU ESTADO ACTUAL.

INDICE DE FLEXIBILIDAD DEBIDO A DEFLEXIONES	9.15
INDICE DE FLEXIBILIDAD DEBIDO A DERIVAS	5.60
INDICE DE FLEXIBILIDAD GENERAL DEL EDIFICIO #2	9.15

Fuente: Propia

13.3.12 Análisis de vulnerabilidad: Posterior al cálculo de los índices de flexibilidad y de sobreesfuerzo general del edificio #2, se realiza el cálculo de los valores de vulnerabilidad sísmica del edificio #2.

La NSR-10 define en A.10.5.1 que “el inverso del índice de sobreesfuerzo general expresa la vulnerabilidad de la edificación como una fracción de la resistencia que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la NSR-10”; y con respecto al inverso del índice de flexibilidad general de la edificación lo define en el mismo capítulo “como una fracción de la rigidez que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos presentados en la NSR-10”. (NSR-10 Título A.10)

En la tabla 26 se presentan valores de vulnerabilidad general de la edificación, expresados como fracción de la rigidez y fracción de la resistencia con respecto a una edificación nueva diseñada a la luz de la NSR-10.

TABLA 26: VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO #2 EN SU ESTADO ACTUAL.

VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA COMO FRACCIÓN DE LA RIGIDEZ	10.9%
VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA COMO FRACCIÓN DE LA RESISTENCIA	8.9%
INDICE DE VULNERABILIDAD GENERAL DEL EDIFICIO #2	10.9%

Fuente: Propia

De la tabla 26 se concluye que la **rigidez global** del edificio #2 está al 10.90 % de lo que exige las solicitaciones de la NSR-10 para una edificación nueva y la **resistencia global** del edificio #2 se encuentra al 8.9% de lo requerido por la NSR-10.

Con base en lo anterior se concluye que la edificación es altamente vulnerable sísmicamente y debe ser intervenida por medio de un reforzamiento estructural.

De acuerdo con el análisis de los índices de sobreesfuerzo anteriormente expuestos podemos establecer una hipótesis de secuencia de falla la cual iniciaría con la falla de ciertas vigas del piso 5 y posteriormente seguiría la falla de las vigas del piso 3 y 4; estas vigas fallaran por los efectos de flexión, dado que su capacidad a flexión es muy inferior a las solicitaciones equivalentes establecidas en la NSR-10.

La secuencia de falla de los elementos continuaría con las columnas del piso 3 por los efectos de flexocompresión y posteriormente las vigas del piso 2 fallarían por los efectos de flexión para finalizar la secuencia de falla con las columnas del piso 2 y 3 las cuales fallaran también por los efectos de flexocompresión.

Capítulo 14 Datos Específicos de las Lesiones

- 14.1 Afectaciones

La edificación #1 presentan un deterioro general y carece de una configuración o sistema estructural adecuado para las solicitaciones de carga; por su parte la edificación #2 presenta fisuras y grietas en las placas de entepiso y de cubierta.

14.2 Especificaciones de diseño y construcción.

En Colombia para los años 70 no existía una norma o código sismo resistente, por tanto, los constructores optaban por usar los códigos extranjeros de sismo resistencia. Solo hasta el año de 1984 en este país se aprobó la Ley 1400. Para el caso de los dos edificios #1 y # 2 de la institución educativa Fundación para el Desarrollo de la Investigación -FDI- se estimó que se utilizó el código ACI 318 de esa época.

En los ensayos de extracción de núcleos y de aceros se observa que la resistencia del concreto no corresponde a un concreto para estructura. El concreto según las pruebas corresponde a 13.000KN/M2 se evidencio que en la construcción del edificio utilizaron las siguientes especificaciones:

F'_c	1800psi
F_y	60.000psi
F_y para barras de 1/4 y 3/8	34.000psi

- 14.3 Evaluación física y mecánica del concreto y/o materiales

El concreto es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. Las propiedades de cualquier sistema heterogéneo dependen de las características físicas y químicas de los materiales que lo componen y de las interacciones

entre ellos, básicamente la resistencia del concreto depende principalmente de la interacción de sus faces constituyentes como los siguientes:

- La resistencia de la pasta hidratada y endurecida (matriz).
- La resistencia de las partículas del agregado.
- La resistencia de la interface matriz-agregado.
- 14.4 Algunos factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto

14.4.1 Relación agua-cemento y contenido de aire: En el año de 1918 Duff Abrams formuló la conocida “Ley de Abrams”, según la cual, para los mismos materiales y condiciones de ensayo, la resistencia del concreto completamente compactado, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación agua-cemento. Este es el factor más importante en la resistencia del concreto:

Relación agua-cemento = A/C Donde:

A = Contenido de agua en la mezcla en kg

C = Contenido de cemento en la mezcla en kg

14.4.2 Influencia de los agregados: La forma y textura de los agregados también influyen. Agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interface matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo, este efecto se compensa debido a que los primeros requieren mayor contenido de agua que los segundos para obtener la misma manejabilidad.

14.4.3 Resistencia a la compresión del concreto: La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar

una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

El ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la compresión es el ensayo sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. Las normas NTC 550 y 673 son las que rigen los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de resistencia a la compresión respectivamente.

Capítulo 15 Composición y Estructura del Concreto

Los materiales encontrados en la edificación presentan calidad deficiente a muy deficiente según la correlación por la velocidad de onda medida por el ensayo de ultrasonido sobre los elementos estructurales de concreto, corroborado por el ensayo a compresión realizado sobre el núcleo extraído en la columna D3, el cual arrojó una resistencia f'_c de 15220 kN/m² que no cumple con el valor mínimo para un concreto estructural.

Con respecto al pórtico metálico encontrado, presenta gran alto grado de corrosión debido a que no presentaba ningún tipo de anticorrosivo o barrera para su protección.

- 15.1 Microestructura del concreto

Es importante verificar este parámetro con los ensayos de petrografía ya que corresponde a una información muy relevante para el análisis de las patologías existentes y las fotografías del defecto encontrado en la estructura; sin embargo, ellas por si solas no son muy dicientes al realizar el informe. Si éstas vienen acompañadas por un esquema donde se esboce la estructura y el lugar donde fue encontrado el defecto, entonces pueden revelar datos muy importantes que determinen las posibles causas que llevaron a la estructura a presentar la falla. Para las edificaciones objeto de estudio no se realizó un análisis exhaustivo por medio de una petrografía.

- 15.2 Estudios y diseños realizados

Las edificaciones objeto de estudio fueron exploradas por medio de varios ensayos (destructivos y no destructivos) dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- Detección de refuerzo con FERROSCAN
- Extracción y ensayo a Compresión de Núcleos
- Estudio de suelos
- Visita de campo y levantamiento de lesiones
- Ensayo de ultrasonido
- Realización de regatas en vigas y columnas

Adicionalmente a los estudios antes mencionados se realizaron análisis de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de acuerdo a la NSR-10.

Capítulo 16 Diagnóstico

Para efectos del estudio patológico realizado en las instalaciones de la institución educativa FDI (localizada en la ciudad de Barranquilla) se analizaron dos edificaciones, la primera consiste en una vivienda de dos pisos y la segunda correspondiente a una edificación de 4 pisos; nos referiremos en el presente dictamen como edificio #1 y edificio #2.

Posterior a la construcción de la historia clínica, a la realización del trabajo de campo y a la realización de pruebas de laboratorio se pudo identificar la patología principal para cada edificio y se presenta a continuación:

- La patología que adolece el edificio #1 corresponde a una causa indirecta debido a errores de diseño, falta de detalles y especificaciones inadecuadas con respecto a las Normativas vigentes de construcciones sismo resistente para Colombia. Las lesiones más evidentes que manifiesta el edificio #1 son humedades sobre la pared de fachada del segundo piso y son consecuencia de la patología anteriormente mencionada (falta de detalles constructivos de bajantes de aguas lluvias y de mantenimientos adecuados). Esta edificación no constituye un riesgo inminente, sin embargo, no cumple las normativas de la NSR-10 y es necesario realizar una repotenciación de la edificación para su uso seguro.
- Por su parte el edificio #2 presenta una patología debido a una causa directa que obedece a incremento de cargas (sobrecargas) debido al cambio de uso de la edificación, la cual paso de ser un edificio de cuatro pisos de apartamento, a un

edificio de salones de clase para una institución educativa. Las lesiones evidenciadas por esta patología obedecen a lesiones de tipo mecánica (grietas y fisuras).

La cubierta del edificio #2 adolece de una patología relacionada con una causa indirecta que corresponde a faltas de mantenimiento de la cubierta e impermeabilizaciones adecuadas. En los elementos estructurales de la cubierta se evidencia lesiones de tipo mecánico (grietas y fisuras) y lesiones de tipo químicas (corrosión del acero de refuerzo y pérdida de recubrimiento).

El edificio #2 se encuentra en un estado de deterioro bastante avanzado debido a su edad (60 años) y adicionalmente se encuentra por fuera de las normativas vigentes de construcciones sismo resistente en Colombia NSR-10.

Para el diagnóstico definitivo del edificio se analizó la información recopilada durante la etapa de historia clínica y por medio de los ensayos de tipo destructivos y no destructivos sugeridos. En los siguientes numerales de este capítulo, se resumen los aspectos de deterioro fundamentales en las edificaciones y sus causas.

- 16.1 Lesiones mecánicas, físicas y químicas

A continuación, se presenta un resumen de los resultados del análisis del levantamiento de lesiones realizado por medio de las fichas técnicas, donde se describen las lesiones de origen mecánico, físico y químico.

16.1.1 De origen físico.

- Algunas lesiones encontradas como consecuencia de un proceso marcado por las leyes físicas, como lo son humedades en la cubierta del edificio#1, humedades externas en los pisos 2 y 3 del edificio # 2,
- Humedades de tipo Condensación, como consecuencia de alcanzar la temperatura de rocío, el vapor de agua que transita a través de las fachadas de las cubiertas, desplazándose de los lugares desde donde se produce hacia el exterior depende de la cantidad de vapor de agua y de la impermeabilidad de los cerramientos.
- Accidentales: por rotura de tuberías, que produjeron transporte de aguas servidas en el área de los baños correspondientes al edificio # 2 reacciones mecánicas o por corrosión y que facilitaron la salida de agua y que llegando hasta los materiales porosos que se encuentran alrededor. Son fácilmente identificables, ya que aparece una mancha en la zona de la rotura.
- Suciedad en las fachadas: tanto el edificio #1 como del edificio #2 presentan un acabado de pintura blanca con superficie rugosa lo cual permite observar con facilidad este tipo de suciedades las cuales podemos dividir en dos tipos: Suciedades por depósito de las partículas que por gravedad o efectos foréticos con alto índice de incremento debido a la textura rugosa y suciedades por lavado diferencial debido a el lavado de las zonas que en algún momento se encuentran sucias, y no se tiene control con la esorrentía de agua incrustándose en el propio material pasando a ser un depósito permanente, estas partículas en la fachada del edificio #2 se puede apreciar que las partículas arrastradas con el agua lluvia marcan

unos churretones limpios que se destacan sobre el resto de la fachada sucia (Armendáriz García, 2015)

16.1.2 De origen mecánico.

- Fisuras internas en pisos superiores y grietas en muros internos del edificio #2: producidas por asentos en sus apoyos, solicitaciones de carga por encima de sus posibilidades y tensiones producidas por empujes directos o desequilibrios de las cargas.
- Asentamientos en los elementos de cimentación: debido en este caso a la falla del terreno o falta de este para la distribución de cargas ocasionando en los pisos superiores agrietamientos debido al cambio de uso de la estructura con el propósito de aulas múltiples.
- Flechas: se presentan en los entrepisos afectados por una fuerza vertical afectando los elementos estructurales, sin embargo, esto no es tema de colapso súbito en la estructura.
- Desprendimientos: se aprecian desconches y desgastes, son especialmente vulnerables los entrepisos y estructuras expuestas a fallo y entrada de microorganismos por fisuras.

16.1.3 De origen químico.

- Se encuentran unas eflorescencias tanto en concretos, como en acabados de pintura y en las caras de la fachada posterior del edificio tanto interna como externamente.

- Se aprecia oxidación del acero de refuerzo en algunas losas de entrepisos correspondientes al edificio #2 en algunos casos se observa corrosión por falta de recubrimiento en algunas placas.
- Existen algunos organismos que vienen atacando todas las instalaciones sanitarias de la edificación, formando capas de hongos en las tuberías, debido a la continua fuga de aguas servidas posiblemente por desgaste o ruptura generando estas afectaciones y transmitiéndoselas a concreto mediante transporte por la porosidad del concreto, generando un ataque por sulfatos en ciertas partes de la estructura.
- Eflorescencias: generadas cuando se cristalizan las sales solubles contenidas en los materiales, mezclándose con el agua que circula por fisuras en placa disolviéndolas y arrastrándolas hacia el exterior
- Corrosión: consiste en la oxidación destructiva del acero debido al medio que lo rodea, disminuyendo para el caso la sección de la varilla, fisuramiento del concreto y en algunos casos se observa laminación debido a las presiones que ejerce el óxido expansivo y la disminución o la desaparición de la adherencia entre el refuerzo y el concreto, la causa principal corresponde a bajos espesores de recubrimiento teniendo en cuenta que este concreto según los resultados de laboratorio corresponde a concreto de 2500 psi, lo cual no garantiza una estructura durable ni eficiente al ataque de microorganismos durante todos los años de uso que tiene, según la inspección realizada el nivel de afectación de la estructura está catalogada según el índice simplificado de corrosión como grado medio.

En la Tabla 27 se realiza un resumen de las lesiones encontradas y se clasifican según su estado y severidad en la estructura.

Tabla 27: RESÚMEN DE LESIONES

TIPO DE LESIÓN	CLASIFICACIÓN			CANTIDAD
	LEVE	MODERADA	SEVERA	
Humedad	-	6	8	14
Fisuras	-	20	5	25
Oxidación	-	6	5	11
Desprendimiento	4	-	-	4
Organismos	2	-	-	2
Suciedad	-	5	10	15
Destrucción parcial	-	3	-	3
Eflorescencia	1	-	-	1
Carbonatación	-	6	-	6
Desgaste	-	6	-	6
TOTAL	7	52	28	87

En el Anexo IV Lesiones Típicas se puede ver el detalle de las lesiones, sus posibles causas y la intervención propuesta.

- 16.2 Ensayos destructivos y no destructivos

Para nuestro análisis inicial de patología determinamos importante realizar una serie de ensayos tanto destructivos como no destructivos con el fin de tener varios puntos de vista en cuanto al diagnóstico final y estado del concreto tanto de columnas como en placas de concreto de no contar con la información suficiente de los elementos estructurales sobre los que se necesita actuar, circunstancia que se ve agravada con la antigüedad de las edificaciones.

Dentro de lo complejo que puede resultar obtener datos in situ de la edificación, en las cimentaciones es aún peor, ya que al resto de elementos o partes de la estructura resulta mucho más sencillo acceder, obtener testigos y realizar ensayos.

La cimentación suele estar en zonas de complicado acceso a lo que se añade la complejidad de tomar datos con los medios habituales.

Es por esta razón que en esta visita inicial determinamos realizar los siguientes ensayos en la estructura de concreto ya que ciertos ensayos son más tangibles es decir se dispone de la información a la mano sin requerir mucha información para cuantificar los daños:

16.2.1 Destructivos.

- Calicatas: se emplean para verificar materiales, espesores, dimensiones, etc. Con las muestras obtenidas es posible la realización de ensayos de laboratorio.
- Pachómetro: Se utiliza para la detección y cuantificación de armadura.
- Sondeos: se emplean para caracterización de capas y materiales atravesados. Este ensayo permite extraer muestras para ensayos en detalle.
- Extracción de núcleos: permiten determinación de espesores, obtención de muestras e incluso testigos para su posterior rotura en laboratorio.

16.2.2 No destructivos.

- Ferroskan en parte de las columnas ubicadas en los pisos 1,2,4
- Prueba de ultrasonido para determinar aparente resistencia del concreto de acuerdo a un testigo extraído del mismo elemento, el cual se realizará en columnas y placas del edificio #1 y del edificio #2.

16.2.3 Determinación de la resistencia del concreto mediante la extracción y ensayo a compresión de núcleos.

- Extracción de núcleos: la extracción de núcleos se realizó en la obra en mención para determinar la resistencia a compresión del concreto. Para la extracción de las muestras se empleó un taladro eléctrico, equipado con coronas o brocas de diamante y tungsteno y refrigeradas permanentemente. Una vez extraídas las muestras, estas se marcaron debidamente y fueron almacenadas según los requerimientos descritos en el numeral 7.3 de la Norma NTC 3658.
- Ensayo a compresión de los núcleos: una vez realizada la inspección visual de los núcleos se cortaron por ambos extremos con una sierra diamantada, procurando guardar una relación entre la longitud y el diámetro de 2 a 1. Después de cortadas y curadas las muestras se les determinó a cada una el diámetro, altura, peso, densidad y posteriormente se refrentaron con azufre y se sometieron las muestras seleccionadas al ensayo de compresión hasta la rotura. Para el ensayo a compresión de los núcleos de concreto, se siguió el procedimiento descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 3658:1994; en lo que se refiere a curado, refrentado y ensayo a compresión.

16.2.3.1 Resultados de la extracción de núcleos.

La figura C16-1 presentan los resultados aportados por el laboratorio CONCRELAB referentes a los ensayos a compresión sobre los núcleos de concreto extraídos.

 MEDICIÓN CONFIABLE		INFORME ENSAYOS DE CONCRETOS ENSAYO A COMPRESION SOBRE NUCLEOS DE CONCRETO NORMA NTC 673.2000 - NRS10																
Fecha: 11-may-17 Pagina: 1 de 1																		
Compañía		Los datos y resultados presentados en este informe, corresponden exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo												Referencia :				
Obra : EDIFICIO FDI														DPDB 0035 - 17				
Atención																		
Orden de trabajo	Núcleo N°	Localización	Dimensiones (mm)			Área mm²	Fecha Extracción	Fecha Ensayo	Masa g	Densidad g/cm²	Esbeltez L/D	Factor De Corr	Ultrasonido µs	Carga Máxima KN	Resistencia Mpa	Resistencia Corregida		
			L	L Capin	Ø											(Mpa)	Kgf/cm²	
31873	1	PISO 1 COLUMNA D2	145,4	150,1	76,2	4560	04-may-17	10-may-17	1192,7	1,80	1,970	0,999		69,42	15,22	15,20	155,05	
31873	2	PISO 4 COLUMNA 1	102,9	107,8	76,2	4560	04-may-17	10-may-17	951,2	2,03	1,415	0,952		45,31	9,94	9,46	96,46	
31873	3	PISO 4 COLUMNA 2	150,6	154,4	76,2	4560	04-may-17	10-may-17	1389,6	2,02	2,026	1,000		71,13	15,60	15,59	159,00	
31873	4	PISO 2 COLUMNA 2	115,3	120,2	76,2	4560	04-may-17	10-may-17	1070,5	2,04	1,577	0,973		59,02	12,94	12,59	128,41	
																(Mpa)	Kgf/cm2	
Observaciones: Se realizo la prueba de carbonatación a cada una de las muestras después de realizado el ensayo a compresión.																Resistencia Promedio	-	-
Se adjunta registro fotográfico de cada uno de los especímenes.																Desviación estándar	-	-
																coef. De variación	-	-

Figura C16-1. Resultados ensayo a compresión sobre núcleos de concreto. Fuente Concrelab

16.2.4 Registro fotográfico de la prueba de carbonatación.

Las figuras C 16-2, 2a, 2b y 2c muestran las imágenes de las pruebas realizadas de carbonatación para las columnas D2 piso 1, 1 piso 4, 2 piso 4 y 2 piso 2 de la edificación #2. De las pruebas de carbonatación se concluye que en la mitad de los casos de las muestras tomadas se evidencia que la profundidad del fenómeno de carbonatación supera el valor del recubrimiento en cm para los elementos de estudio.

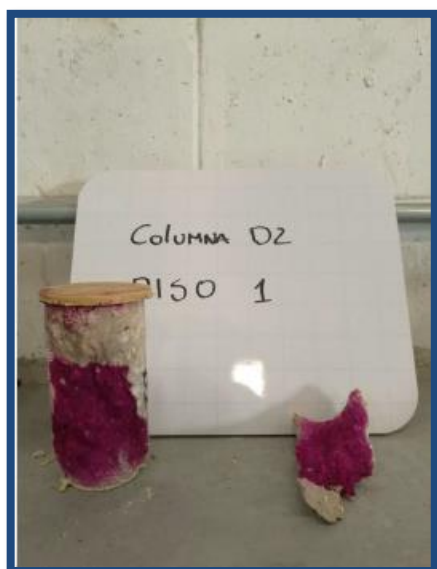


Figura C16-2. Ensayo de carbonatación en núcleo piso 1 y 4 para edificio #1 del FDI.
Fuente : Concrelab

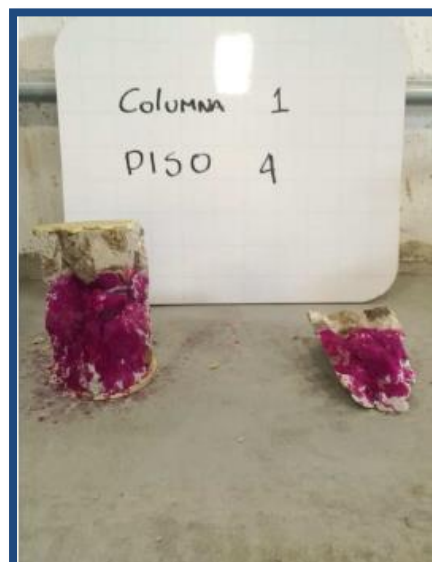


Figura C16-2a. Ensayo de carbonatación en núcleo piso 1 y 4 para edificio #1 del FDI.
Fuente: Concrelab.

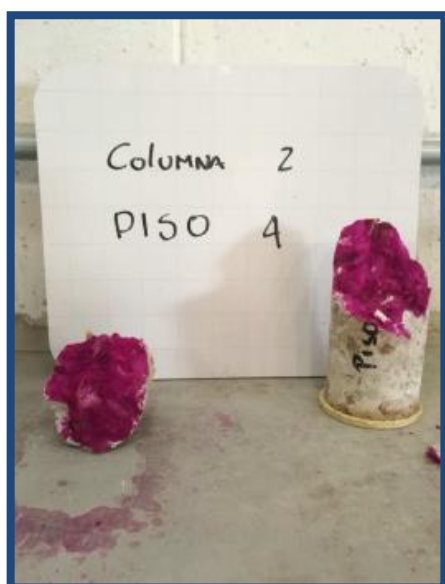


Figura C16-2b. Ensayo de carbonatación en núcleo piso 2 y 4 para edificio #1 del FDI.
Fuente: Concrelab

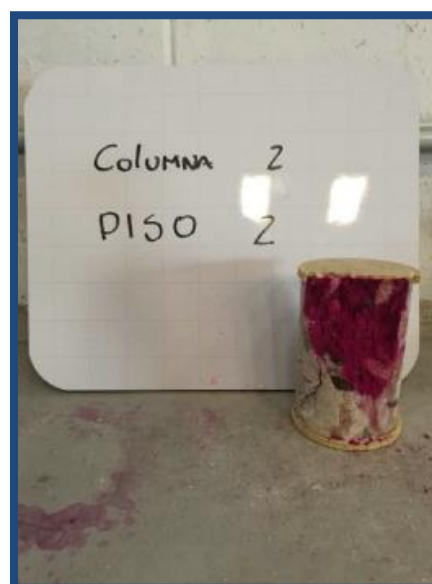


Figura C16-2c. Ensayo de carbonatación en núcleo piso 2 y 4 para edificio #1 del FDI.
Fuente: Concrelab.

16.2.5 Detección del refuerzo ferroskan: el sistema Ferroskan PS 200 sirve para detectar una posición, determinar la profundidad y estimar el diámetro de hierros de armadura según se establece en los datos técnicos. La herramienta se puede utilizar para diferentes aplicaciones de detección para armaduras de hormigón.

- Aplicación
 - a) Evitar los hierros de armadura al perforar sencillamente o con saca núcleos.
 - b) Posición y diámetro para controles de carga.
 - c) Definición de la cubierta sobre zonas amplias.
- Funcionamiento El sistema funciona de modo que el escáner se mueve directamente encima de la superficie del elemento de construcción. Los datos se almacenan en el escáner hasta que se puedan transferir al monitor. El monitor se utiliza para almacenar grandes volúmenes de datos y poderlos visualizar. De este modo, los datos también se pueden llevar a la oficina y descargarlos mediante el software. El software ofrece opciones de análisis avanzadas y la posibilidad de imprimir rápidamente informes completos, así como archivar datos.

Se deben cumplir las siguientes condiciones para obtener valores de medición fiables:

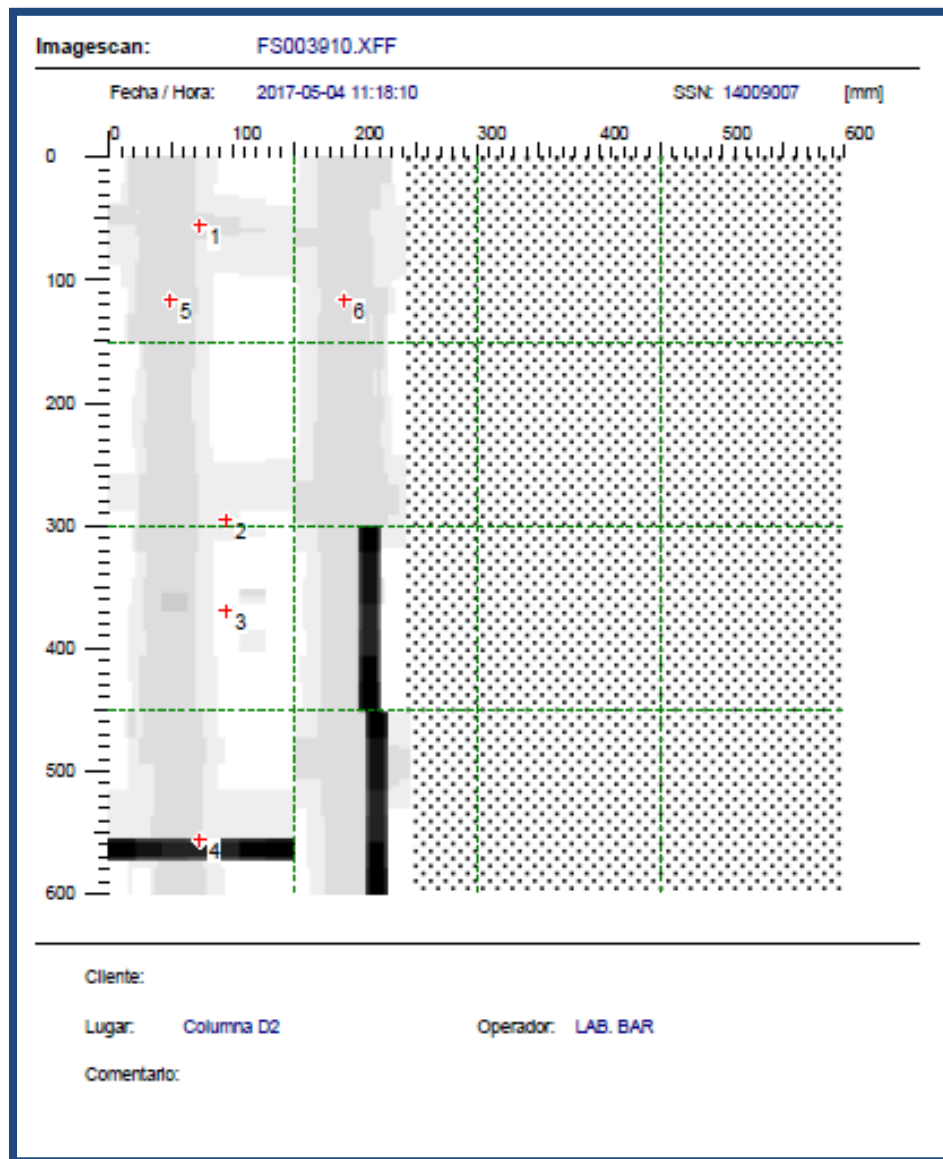
- a) Superficie del hormigón lisa y plana.
- b) Hierros de armadura no corroídos.
- c) La armadura debe estar paralela respecto a la superficie.
- d) El hormigón no contiene áridos o componentes con propiedades magnéticas.

- e) Los hierros de armadura deben estar exactamente a $\pm 5^\circ$ en perpendicular respecto a la dirección de exploración.
 - f) Los hierros de armadura no están soldados.
 - g) Los hierros adyacentes tienen un diámetro similar.
 - h) Los hierros adyacentes tienen la misma profundidad.
 - i) No debe haber interferencias de campos magnéticos externos u objetos cercanos con propiedades magnéticas.
 - j) Los hierros deben tener una permeabilidad magnética relativa de 85–105.
 - k) Las ruedas del escáner están limpias de arena o cualquier tipo de suciedad similar.
 - l) Las 4 ruedas del escáner se dirigen al objeto que se pretende medir.
- Límites y capacidad del equipo: la capacidad de lectura del equipo, para precisiones con rangos entre 1 y 3 calibres de acero, aplica para espesores entre 5 a 7 cm en función de las características del elemento. Mayores espesores generan interferencia y altas incertidumbres en la medición.

Los elementos sujetos a ensayo fueron los seleccionados y por lo tanto los resultados solo afectan los objetos sometidos al ensayo.

La medición de las fisuras en el concreto con el equipo de ferroskan genera incertidumbres ya que el equipo no tiene la capacidad de medición para este ensayo.

La figura C16-3 presenta el esquema de resultado de la lectura con el ferroskan de la columna 1 del edificio #2. En el anexo IX se presenta todos los resultados correspondientes a cada uno de los ensayos mencionados en este capítulo con excepción del estudio de suelo



Imagescan: FS003910.XFF

Punto:	x: [mm]	y: [mm]	Cob.: [mm]	Barra:	Orientación:	Uso:
1	74	56	62	#3	Horizontal	Medición
2	96	298	24	#3	Horizontal	Medición
3	96	371	24	#3	Horizontal	Medición
4	74	560	13	#3	Horizontal	Medición
5	50	117	79	#4	Vertical	Medición
6	193	117	78	#4	Vertical	Medición

Figura C16-3 Diagrama de detección de barras de acero columna 1 edificio #2 del FDI

16.2.6 Ensayos con ultrasonido

De los ensayos de ultrasonido realizados sobre ciertos elementos de las edificaciones #1 y #2 se pudo corroborar la información aportada por los ensayos de resistencia a compresión de los núcleos extraídos.

Los valores de velocidad de onda bajos evidencian concretos con calidades de deficiente a muy deficiente lo cual se traduce en resistencia a compresión de los concretos con bajos valores.

Las figuras C16-5 a C16-7b presentan los resultados obtenidos por el laboratorio para las pruebas realizadas de ultrasonidos sobre los elementos seleccionados. Por su parte las figuras C16-8 a C16-12 muestran el proceso de lectura de los datos para el ensayo de ultrasonido en campo.



Concrelab
MEDICIÓN CONFIABLE

**RESULTADOS ENSAYO CON SISTEMA
ULTRASONIDO
NTC 4325**

Compañía:
Obra: EDIFICIO FDI
Atención:
Fecha de Toma: 04/05/2017
Fecha de Informe:
Referencia: DPDB 0036-17

RESUMEN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los elementos auscultados tienen la siguiente información:

1- Datos de Entrada:

Nombre <u>Elemento Auscultado</u>	Valor obtenido para el <u>Sistema de Ultrasonido</u> (m/s)	Porcentaje <u>% de la Ref</u>	Porcentaje <u>%Resis. Nominal</u>
1 PISO 4 COLUMNA 2	2059		
2 LOCAL VIGA B	2144		
3 LOCAL VIGA C	1813		
4 LOCAL VIGA 2	2958		
5 COLUMNA D3	691		
6 PISO 2 SALON 202 COLUMNA 1	3234		
7 PISO 2 SALON 201 COLUMNA 1	2887		
8 PISO 2 COLUMNA 1	2412		

Figura C16-5 Datos obtenidos ensayo de Ultrasonido piso 1 Edificio #1 del FDI

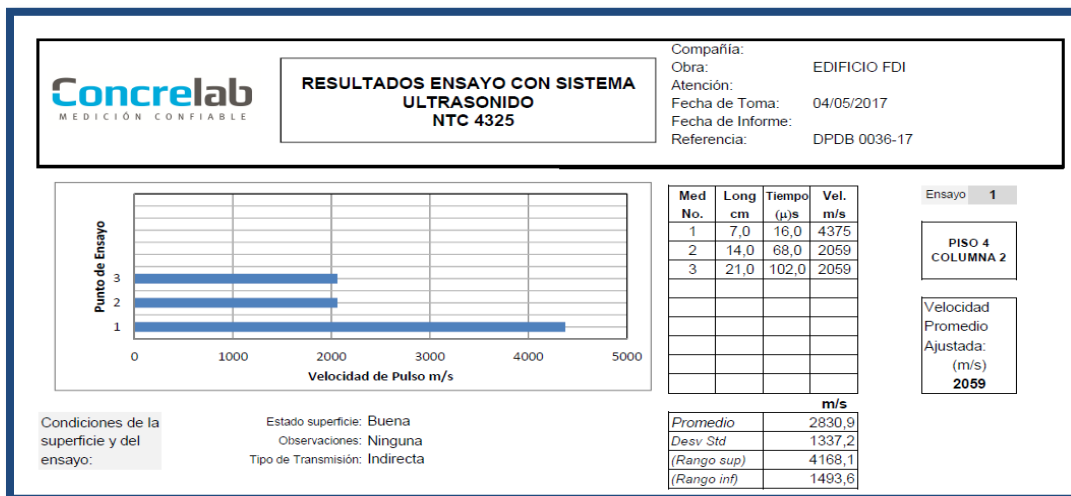


Figura C16-6 Resultado ensayo Ultrasonido edificio #2 Salón de clase. Fuente: Concrelab

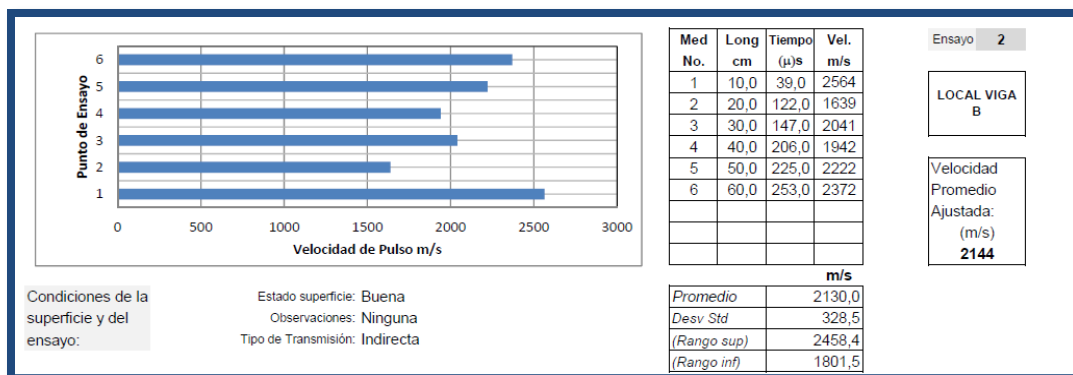


Figura C16-6a Resultado ensayo Ultrasonido edificio #2 Salón de clase. Fuente: Concrelab

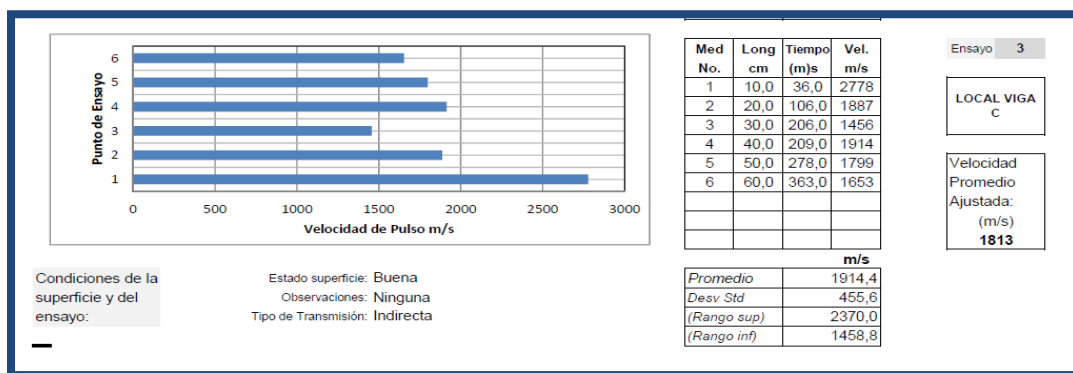


Figura C16-6b Resultado ensayo Ultrasonido edificio #2 Salón de clase. Fuente: Concrelab

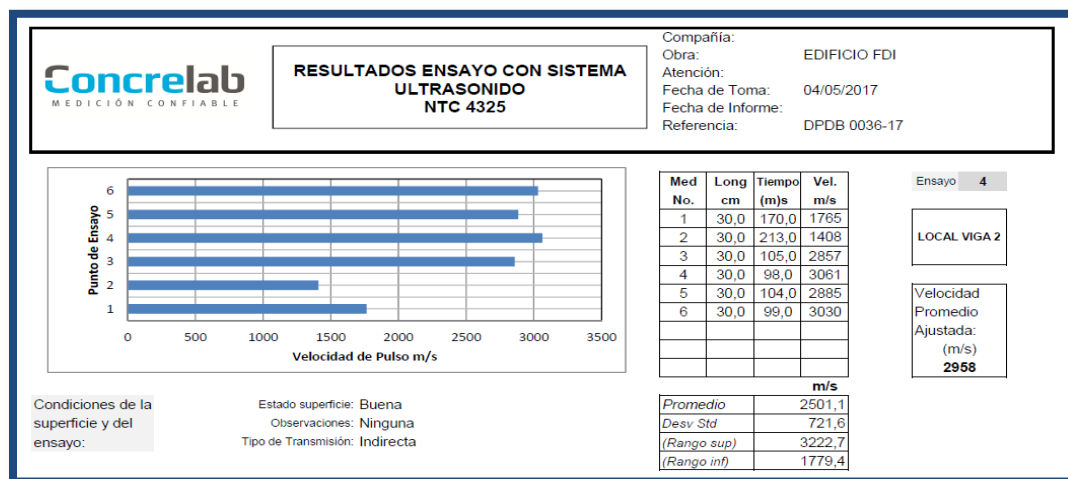


Figura C16-7 Análisis de Ultrasonido vigas Edificio #1. Fuente: Concrelab

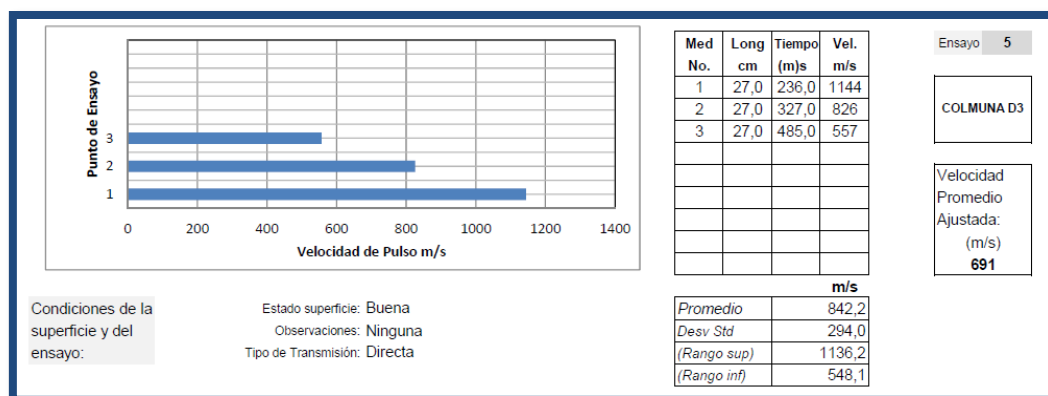


Figura C16-7a Análisis de Ultrasonido vigas Edificio #1. Fuente: Concrelab

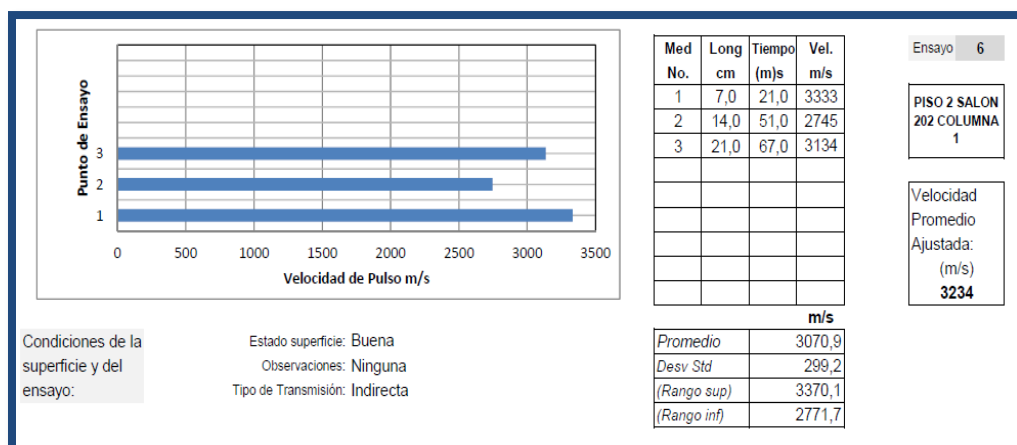


Figura C16-7b Análisis de Ultrasonido vigas Edificio #1. Fuente: Concrelab



Figura C16-8. Proceso de instalación del ultrasonido en viga aérea piso 1 edificio #1.
Fuente: Propia



Figura C16-9. Marcación de aceros en la columna D3 Piso 1 edificio #1.
Fuente: Propia



Figura C16-10. Extracción de núcleos columna D3 edificio #1 d. Fuente: Propia.



Figura C16-11. Equipo de medición Ferroskan. Fuente: Propia.

- 16.3. Conclusiones del Diagnóstico

Se realizó el estudio siguiendo las directrices indicadas a lo largo de la Especialización en Patología de la Construcción de la Universidad Santo Tomás como son elaboración de la Historia Clínica de la Edificaciones, formulación del Diagnóstico y Propuesta de Intervención.

La lesión relevante dentro del diagnóstico corresponde a fisuras en diferentes puntos de las dos edificaciones debidas a los asientos diferenciales de la estructura ha sufrido con el pasar de los años daños puntuales en muros y placas debido a la sobrecarga, teniendo en cuenta que el edificio fue concebido para vivienda y no para uso institucional como es el caso salones de clase.

- Dentro de las lesiones que se detectaron y las cuales son más frecuentes están fisuras y agrietamientos en los muros internos de los primeros pisos de la edificación, humedades causadas posiblemente por un deficiente sistema de aislamiento de la humedad en la cimentación.
- La edificación funcionalmente y bajo las cargas de servicio no presenta ningún peligro para los ocupantes de la edificación, los asentamientos que se pueden percibir con facilidad en los pisos 1 y 2 del edificio #2 han sido progresivos en todos los años de la estructura, por tal motivo la estructura no va a fallar súbitamente ni presentará colapsos parciales.
- La estructura tiene un alto grado de vulnerabilidad sísmica, debido al estado en que se encuentran los elementos de la cimentación y la inestabilidad del suelo.

Capítulo 17 Propuesta de Intervención

Posterior al análisis del diagnóstico dado para las edificaciones #1 y #2 en el capítulo 16, se presentan en este capítulo las propuestas de intervención que incluyen alternativas que van desde la reparación, el reforzamiento y / ó demolición de las edificaciones según las exigencias actuales del REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTE NSR-10.

Para cada una de las propuestas de intervención se presenta su respectiva evaluación económica con el fin de analizar no solo los aspectos constructivos y operativos de esta sino su valor económico. El objetivo de las propuestas de intervención es prolongar el periodo de vida útil de la estructura teniendo en cuenta los criterios de seguridad, funcionalidad y desempeño establecidos actualmente en la NSR-10.

A continuación, se describen las propuestas de intervención elaboradas para cada una de las edificaciones que pertenecen a la institución FDI y que se encuentran ubicadas en el área del lote objeto de estudio.

Esta propuesta de intervención donde describe cada una de las lesiones, se podrá utilizar como guía para la restauración estructural tanto del edificio #1 como del edificio #2, pacientes en estudio, de tal forma que las condiciones de las dos edificaciones se ajusten a la realización de las actividades, de mejoramiento de la estructura sin afectar la concepción arquitectónica de este.

En las edificaciones se observan diferentes daños patológicos que están deteriorando los acabados arquitectónicos y pueden afectar los elementos estructurales de

los edificios; por estas razones es necesario realizar la evaluación y el diagnóstico patológico de dichos edificios Institucionales, para prevenir posibles daños a la estructura.

Las fichas de lesiones adjuntas a este documento son en el levantamiento gráfico de los daños que fueron analizados para clasificar y esquematizar de forma general los diferentes tipos de lesiones que se encontraron en las dos edificaciones. La clasificación se realizó considerando las similitudes descritas en las fichas de lesiones de cada daño (La esquematización se presenta en las fichas de daños típicos), que se encuentra en el Anexo IV).

Estas fichas contienen la caracterización de los daños típicos de tal forma que se pueda identificar el mecanismo de desarrollo de cada daño junto con sus posibles causas, posteriormente se definen algunos ensayos sugeridos con su respectiva norma técnica, para a partir de esta información, establecer una alternativa de rehabilitación enfocada en detener o controlar el origen de cada lesión, también permite plantear una descripción de la protección y el mantenimiento requerido para dicha alternativa.

A partir del análisis desarrollado en las fichas de lesiones correspondientes a los daños típicos, se plantearon la siguiente propuesta de intervención; vale la pena aclarar que las alternativas de rehabilitación propuestas para las fisuras no garantizan una solución total del daño, dado que dichas lesiones se generan por efectos sufridos por la estructura y tales efectos requieren un análisis estructural más detallado que no fue desarrollado en el presente proyecto, lo que quiere decir que las alternativas propuestas se realizan con el fin de dar una opción para mejorar básicamente los acabados arquitectónicos.

Las propuestas de intervención se presentan por cada daño típico que para el caso de la institución FDI según la clasificación podríamos resumir en cuatro tipos de lesiones:

- Humedades en muros y entrepisos causando daños a pinturas y revestimientos.
- Humedad en fachadas exteriores del edificio #1 y el edificio #2
- Fisuras por asiento diferencial del edificio #2.
- Desprendimiento de concreto en elementos estructurales.
- Desnivel de las losas entrepiso para el edificio #2

Todos los procesos de rehabilitación están planteados paso por paso especificando los materiales y herramientas requeridas, además se proponen protecciones y mantenimientos propios para cada daño a rehabilitar. Indicando incluso algunas marcas de productos que son fácilmente adquiridas en el mercado ferretero.

- 17.1 Humedades en muros y entrepisos causando daños a pinturas y revestimientos.

Humedades y reventones de la capa superficial de pintura en diferentes sectores tales como muros internos, área vanos y techos internos.

17.1.1 Alternativa de intervención.

- Identificar el origen de la humedad de forma específica para cada uno de los puntos afectados.
- Si la humedad proviene de filtración en entrepisos o fachadas, por dilataciones y juntas.
 - Se debe limpiar la superficie dejándola libre de presencia de residuos de polvo, suciedad, grasa o morteros y otros contaminantes, para ello se debe utilizar una espátula y se debe tener cuidado de no perjudicar la mampostería.

- Se deben aplicar sellantes acrílicos (Agorex® sellante puertas y ventanas 600), sobre los puntos donde se generan las filtraciones, esto se realiza utilizando la pistola tipo esqueleto para cartuchos.
- No se debe tocar y evitar el movimiento en los puntos donde se aplicó el producto sellante durante 12 horas después de su aplicación. También es importante limpiar el exceso de material cortándolo después de fraguado.
- Si la humedad proviene de alguna gotera por tejas rotas o desalineamiento de estas:
 - Se debe limpiar la superficie liberándola de todo residuo, polvo suciedad, grasa mortero y otros contaminantes, empleando una espátula teniendo cuidado de no perjudicar la mampostería.
 - Ajustar las tejas de forma que se rectifique la correcta ubicación de cada pieza en el tejado, acomodar las correas y los ganchos respectivos en lo posible con amarres elaborados en aluminio y alambre dulce.
- Si existen perforaciones menores a 12 cm²:
 - Limpiar la superficie dejándola libre de la presencia de residuos, polvo, suciedad, grasa, mortero y otros contaminantes. Aplicar un sellante a base de caucho (ElastoSello 300) con espátula en forma continua, dándole un acabado liso.
 - Si hay perforaciones en las tejas mayores a 12 cm²: Cambiar la teja por otra del mismo tipo y tamaño debido a que el sellante no garantiza su efectividad en un área tan amplia.
- Si la humedad proviene por filtración debido al deterioro en instalaciones hidráulicas:
 - Localizar el punto de la tubería donde se presenta fuga de agua, interrumpir el flujo de agua y vaciar las tuberías aledañas al daño.

- Si la fuga de agua se da en una unión, cambiar la pieza afectada Si se da en un punto a lo largo de un tubo, se debe cortar un tramo de 30 cm a cada lado del punto del daño, posteriormente se debe instalar un tramo de tubería de las mismas dimensiones empleando dos uniones simples en sus costados.

17.1.2 Protección del elemento. Se debe garantizar seguir las instrucciones del fabricante y el correcto secado de los materiales sellantes según las indicaciones del fabricante.

17.1.3 Mantenimiento. Verificar cada seis meses el buen estado de los materiales sellantes empleados en las fachadas, para las cubiertas se deben mantener sus superficies libres de cualquier tipo de elementos que puedan interrumpir el flujo del agua o averiar alguna teja.

17.1.4 Zonas a rehabilitar

- Humedad del dintel edificio #1
- Humedad en fisura viga canal edificio #1.
- Humedad losa entrepiso nivel 3 edificio #2.
- 17.2 Humedad en fachadas exteriores del edificio #1 y el edificio #2

Debido a que los acabados superficiales (pañete, pintura) de las fachadas principales se encuentran en algunos puntos deteriorados como es el caso del piso 1 y 2 del edificio #1, en diferentes puntos a lo largo de todo el paramento exterior, lo más conveniente puede ser cambiar dichos acabados, empleando aditivos y elementos agregados pertinentes para el ambiente al que se encuentran expuestas las fachadas; sin embargo, en esta propuesta se plantean diferentes alternativas de rehabilitación para atacar cada una de las lesiones de las fachadas por separado.

17.2.1 Presencia de mohos. Manchas verdes y de color amarillentas en las pinturas blancas de las fachadas del edificio #1 en los pisos 1 y 2.

17.2.1.1 Alternativa de intervención.

- Delimitar la superficie afectada
- Realizar el diseño de un mortero hidrófugo de alta resistencia.
- Retirar el pañete de la zona previamente delimitada empleando herramientas menores como un cincel y un martillo, si es necesario se pueden emplear discos de corte.
- Limpiar la superficie de los mampuestos empleando un compresor de alta presión 3500 y 5000 Psi y aplicar sustancias alcalinas por medio de la máquina con cepillos de cerdas duras en polietileno para retirar los musgos y mohos.
- Realizar la mezcla que cumpla con las especificaciones indicadas para el mortero.
- Humedecer el muro y aplicar el mortero empleando herramientas menores como espátulas.
- Humedecer ligeramente el muro las primeras 12 horas, dejarlo otras 12 horas en secado.
- Aplicar tres capas de pintura hidrófuga en la zona restaurada.

17.2.1.2 Protección del elemento. Durante la limpieza con ácido clorhídrico, el personal que lo manipule debe usar guantes de caucho, camisa y pantalón de manga largas, gafas para evitar contacto con salpicaduras y tapabocas.

17.2.1.3 Mantenimiento. Rectificar anualmente que las piezas cerámicas no se hayan desprendido, así como los guarda escobas y rinconeras.

17.2.1.4 Zonas a rehabilitar.

- Fachada oriental principal edificio #1

- Fachada lateral norte edificio #1

17.2.2 Materia orgánica en la fachada. Presencia de materia orgánica en diferentes zonas de fachadas norte y oriental del edificio #1. Además, se presentan descascaramiento de pintura.

17.2.2.1 Alternativa de intervención

- Delimitar la superficie afectada.
- Diseñar un mortero que pueda resistir los cambios de temperatura además que proporcione resistencia a otras lesiones.
- Retirar el pañete de la zona previamente delimitada, empleando herramientas menores como un cincel y un martillo.
- Mezclar en una cubeta dos partes de ácido clorhídrico (ácido muriático) con diez partes de agua.
- Mojar las superficies afectadas con ácido clorhídrico, cuidando que no salpique, luego aplicar la mezcla de ácido con agua y dejarla actuar durante 10 minutos.
- Empleando un cepillo de cerdas duras, restregar las superficies para retirar las muestras de materia orgánica, en ambientes como la ciudad de Barranquilla las sales que transporta el aire y que se impregnan en los acabados de la fachada, también se retiran al realizar este procedimiento con el cepillo
- Enjuagar durante 2 minutos con abundante agua para evitar que queden restos de ácido en la superficie. Dejar secar.
- Aplicar tres capas de pintura hidrófuga en la zona restaurada.

17.2.2.2 Protección al elemento.

- Durante la limpieza con ácido clorhídrico, el personal que lo manipule debe usar guantes de caucho, camisa y pantalón de manga largas, gafas para evitar contacto con salpicaduras y tapabocas.
- Se deben cubrir las rejas metálicas durante el proceso de limpieza para que estas no sean salpicadas con ácido clorhídrico.

17.2.2.3 Mantenimiento. Verificar cada seis meses que no se presenten descascaramientos o deterioro en la pintura, si es necesario, aplicar nuevas capas sobre los elementos que presenten deterioro

17.2.2.4 Zonas a rehabilitar

- Fachada oriental principal edificio # 1
- Fachada lateral norte edificio # 1
- 17.3 Fisuras por asentamiento diferencial del edificio #2.

Los asentamientos diferenciales pueden provocar en ocasiones desniveles apreciables o pérdida de horizontalidad de los forjados, vigas o elementos horizontales del edificio. Cuando estos desniveles son apreciables a simple vista, generalmente la deformación de la estructura es tal que previamente ya han aparecido otros síntomas más llamativos como fisuras o grietas en tabiques, dinteles u otros elementos constructivos, salvo que la poca rigidez o la disposición de estos elementos les permita admitir dichas deformaciones.

Desde el inicio del proyecto se deben realizar una buena selección del estrato portante, y proyectar unas cimentaciones que sean capaces de transportar las cargas al terreno de una manera adecuada y con una transmisión de esfuerzos adecuada y similar a las de las cimentaciones continuas, bien sea de la misma edificación o de las edificaciones continuas. Una parte importante es proporcionar las separaciones entre edificaciones propuestas por la norma sismo resistente colombiana. Este tipo de lesiones corresponden a lesiones de orden secundario, producida por una diferencia de compatibilidades de los materiales en su módulo de elasticidad formándose así una dilatación de los materiales distintos, debido a que es el paramento lateral de la edificación en estudio con la edificación continua.

Este tipo de fisuras con espesor menor a 1 mm, aparecen en las zonas de placas entrepiso en sentido longitudinal, y también son frecuentes en los muros calados de los baños del edificio #2; representan alguna deficiencia en el sistema estructural de la edificación, son generadas posiblemente por esfuerzos de tensión, tracción o cortantes mayores a los capaces de soportar el muro; la solución sugerida es incrementar el área de distribución de los esfuerzos generados por la cargas sobre la placa. Sin embargo, lo anterior son solo especulaciones establecidas a partir de la inspección visual y características propias de la lesión, puesto que para conocer las causas verdaderas es necesario realizar un estudio estructural, que el presente proyecto por cuestiones de economía y permisos no pudo realizar. No obstante, se dará el plan de rehabilitación más conveniente para dicha lesión.

17.3.1 Alternativa de intervención. La mejor opción es rellenar la fisura con resina epóxica.

- Lo primero es delimitar el área según se intervenida.
- Se debe limpiar la superficie de toda suciedad u otro agente contaminante, remover el mortero de acabado y crear una forma geométrica regular, la superficie debe estar rugosa, sana, limpia (libre de grasa, polvo, lechada de cemento). Lo más usual es utilizar un compresor de alta presión 3500 - 5000 psi.
- Verificar que no existan filtraciones que puedan generar humedades.
- Se debe sellar la superficie para evitar que el material epóxico salga antes de gelificarse, este sellado puede ser con material episódico, poliéster u otro material sellador.
- Instalación de bocas de entrada y venteos, como accesorios insertados en orificios perforados.
- Mezclar la resina epóxica, utilizando un agitador mecánico, de manera manual con una espátula o paleta mezcladora.
- Inyectar la resina con ayuda de instrumentos o bandas hidráulicas, tanques a presión o pistolas neumáticas.
- Retirar el exceso de producto con la ayuda de una espátula o un elemento que la pueda remover sin dejar protuberancias y posterior a esto dejar secar como mínimo por 24 horas.
- Humedecer el muro y preparar una mezcla de estuco plástico y aplicar este, con una llana o espátula de manera uniforme, posterior a esto dejar secar por 24 horas y lijar la superficie del muro hasta obtener un acabado liso uniforme, después de esto aplicar tres capas de pintura de agua para interiores.

17.3.2 Protección al elemento. Se deben proteger los primeros días el material epóxico de agentes contaminantes como suciedad, grasas y aceites. Se debe mantener selladas las juntas existentes entre los dos materiales, y realizar el mantenimiento de los sellos instalados

periódicamente. Esto se hace por inspección visual y reponer el sello donde se vea que se ha perdido o este suelto.

- 17.4 Desprendimiento de concreto en elementos estructurales.

Desprendimiento en las partes inferiores de vigas correspondientes a placas aligeradas del edificio #2 debido a la entrada de humedad en estos sectores en algunos casos, se puede notar con facilidad los aceros de refuerzo con algún grado de corrosión. Para dar un claro diagnóstico y generar una alternativa de rehabilitación desde el punto de vista estructural, se requiere hacer un análisis de vulnerabilidad sísmica.

17.4.1 Alternativa de intervención.

- La reparación comienza por evaluar la gravedad de los daños producidos, para garantizar la resistencia y estabilidad de la estructura durante los trabajos de reparación. Puede ser necesario apuntalar la estructura o, si los daños son mínimos, no requerir especiales medidas de seguridad.
- El siguiente paso es eliminar el concreto fisurado o deteriorado por la corrosión del acero, y el concreto alrededor y en toda la longitud de las partes corroídas de las barras hasta alcanzar la parte sana. El picado del concreto debe permitir, a continuación, comprobar la posible existencia de fisuras en la pieza, que deberán ser selladas inyectando una resina epoxi, y limpiar completamente la herrumbre en toda la superficie de la armadura afectada por la corrosión.
- La superficie debe estar exenta de polvo, grasas, aceites, restos de concreto, cualquier sustancia que reste o impida adherencia del tratamiento. Si la aplicación del tratamiento (trabajo de Inyección) no se realiza inmediatamente después de la limpieza de las superficies se deben proteger contra el riesgo de una nueva contaminación.

- Realizar de nuevo un chequeo que todo el material suelto este removido, y donde este suelto realizar un cepillado con una grata.
- Colocar los inyectores de superficie Mortero Grout fluido de reparación de contracción baja contracción, y de alta resistencia mecánica verificar que la superficie esté completamente seca y no tenga filtraciones que generen humedad. Se procederá a desbastar la superficie de hormigón del pilar por medios mecánicos (bujarda eléctrica) con la finalidad de dejar un soporte rugoso. Se ejecutan franjas c/ 0,50 m, a modo de rozas de 10 cm de ancho por 1,5 cm de profundidad, para facilitar la adherencia y la traba del Grout. Bajo las aristas de las vigas de cuelgue, para lograr que el hormigón re-calce la sección, se acostumbre a ejecutar una “cuña de contacto” con mortero de reparación.
- Encofrado: Encofrado de pilares con moldes de tipo fenólico y rematado en su altura (collarín) con tablero. Sellado de junta con collarín con espuma de poliuretano. El encofrado debe de ir suficientemente rigidizado para contrarrestar el empuje del mortero Grout. En las caras del encofrado se ejecutan perforaciones, realizando la primera a 1,00 m de altura y a cada metro hasta llegar a la cota superior, con el fin de tener en todo momento un punto de inyección y varios puntos de purga y/o control de la misma.
- Colocación de inyectores (boquillas) en cada una de las perforaciones y de un tramo de manguera en la parte superior de la viga. Suministro e inyección de mortero fluido comenzando desde la parte inferior y en sentido ascendente. Las perforaciones superiores sirven de purga y control en todo momento. Conforme el material va rebosando por las perforaciones superiores, éstas se sellan y se continúa con la inyección. La inyección finaliza justo en el momento que el material rebosa por la cota superior de la vigueta. Finalmente, se retacará la junta superior no rellenada por el Grout, con un mortero tixotrópico de alta resistencia, aplicado de forma manual con llana metálica.

17.4.2 Protección. El personal encargado de las aplicaciones debe usar prendas de seguridad. Además de la ropa de seguridad es recomendable usar una crema de protección para la piel. Asegurarse que se dispone de una ventilación suficiente durante la aplicación en lugares cerrados o confinados.

17.4.3 Zonas a rehabilitar

- Fisuras en losa de entrepiso del segundo nivel de edificio # 2.
- Pérdida de recubrimiento de aceros de losa de entrepiso de tercer nivel edificio #2
- 17.5 Desnivel de las losas entrepiso para el edificio #2.

Los desniveles horizontales o pérdida de horizontalidad de elementos estructurales son claros indicadores de patologías con los asientos en la cimentación. Aunque en algunos casos cuando este tipo de lesiones ya son apreciables a simple vista, ya han aparecido otro tipo de lesiones sintomáticas de asientos.

Cuando todos los puntos de la cimentación ceden de manera diferente, corresponden a con gran probabilidad en asientos diferenciales, que se manifiestan cuando en una zona se aprecia un delta diferencial. Otro tipo de asientos diferenciales se manifiestan, cuando por la diversidad de las características del terreno sólo unas zonas tienen asientos, mientras que otras no los sufre. En este caso hablamos además de asientos puntuales.

La fisuración y agrietamiento de los muros y tabiques es un síntoma característico de una deformación excesiva de elementos estructurales generalmente horizontales (vigas y losas). Estas deformaciones provocan, por incompatibilidad de movimientos, que los

elementos estructurales descansen o transmitan parte de su carga a esos muros o tabiques, de manera que acaban fisurándose cuando estos esfuerzos no previstos superan su resistencia, que no suele ser muy elevada. Además, aunque la flecha excesiva se haya producido en una sola de las vigas, por el error o la causa que sea, se suele generar una "reacción en cadena" al transmitir a través del tabique parte de la carga a la viga de debajo, para lo cual no estaba pensada, con lo que a su vez se deforma demasiado, reproduciéndose el proceso sucesivamente con todas las vigas inferiores.

17.5.1 Alternativa de intervención. En base a una cuidadosa evaluación de la magnitud y las causas de la fisuración es posible seleccionar procedimientos para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- Restablecer y aumentar la resistencia.
- Investigar la causa y corregirla.
- Si el asiento continuo se debe recalzar el cimiento.
- Si se trata de terreno expansivo, llegar con el recalce hasta la profundidad activa.
- Restablecer y aumentar la rigidez.
- Mejorar la funcionalidad.
- Lograr impermeabilidad.
- Mejorar la apariencia de la superficie de hormigón.
- Mejorar la durabilidad.
- Impedir que se desarrolle un ambiente corrosivo en las armaduras.

La ejecución de pilotes tendrá las siguientes operaciones:

- Replanteo.

- Perforación del taladro del micropilote.
 - Colocación de la armadura.
 - Inyección del micropilote.
 - Conexión con la estructura o con el resto de los micropilotes.
- 17.6 Propuestas de intervención a nivel estructural para el edificio #1

17.6.1 Propuesta de intervención #1: modificación del sistema estructural: por medio de la presente propuesta se realizará modificación del sistema estructural existente de la edificación incorporando elementos adicionales tipo vigas y columnas que modificaran el sistema de muros de carga con mampostería no confinada a un sistema de pórtico estructurales.

En el anexo V, se presentan el análisis y diseño estructural del edificio#1, bajo la modificación del sistema estructural. A continuación, se presenta el presupuesto para la realización de la esta propuesta de intervención. (Ver anexo VI)

17.6.2 Propuesta de intervención #2: demolición de la estructura y construcción de una nueva edificación. En esta propuesta se plantea la demolición total de la edificación y su posterior construcción utilizando el sistema estructural de pórticos en acero resistentes a momentos. Por medio de esta nueva edificación tipo pórticos se cumplirán las exigencias del REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 para las estructuras del grupo de uso III. (Ver anexo VI)

- 17.7 Propuestas de intervención a nivel estructural para el edificio #2

17.7.1 Propuesta de intervención #1: Reforzamiento estructural. Del estudio de vulnerabilidad de la edificación elaborado en el numeral 13.3 del presente documento se

concluyó que la estructura es altamente vulnerable debido a las altas deficiencias de resistencias y de rigidez presentadas en la estructura.

Con el reforzamiento de edificio #2 se busca mejorar la rigidez y la resistencia para que los elementos del edificio #2 puedan proveer un adecuado desempeño y respuesta ante un evento sísmico correspondiente a las solicitaciones estipuladas en la NSR-10.

Dentro de la propuesta de intervención se planteó el recalce de vigas y el encamisado de columnas, así como la incorporación de columnas en sectores faltantes. Todas las columnas fueron encamisadas en toda su longitud con láminas de acero A992 Fy 50, de un espesor de 2 cm en la figura C17-1 se presenta el esquema de la sección transversal de las columnas encamisadas.

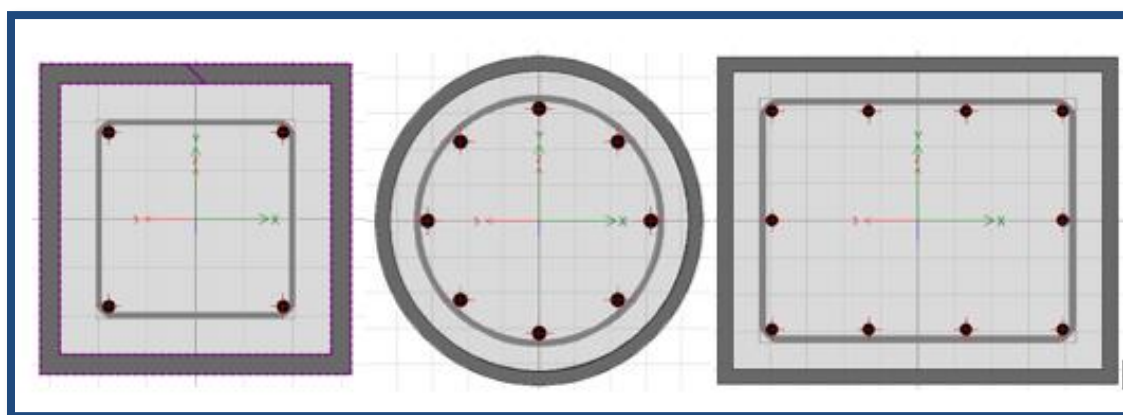


Figura C17-1. Encamisado de columnas del edificio # 2 Fuente: Propia

Para las vigas de sección transversal de 30x40cm y 35 x 30 cm se realizó el recremento de la sección a 35x50 cm y 45x45 cm.

A continuación, se presenta unas tablas resumen con los resultados obtenidos para el chequeo de los índices de sobreesfuerzo y de flexibilidad para el edificio #2, posterior a la modelación del reforzamiento estructural de los elementos. En el anexo IX se presentan

las tablas de cálculo de cada uno de los índices de sobreesfuerzo para cada elemento estructural.

En las tablas 25 y 26 se aprecia que ambos valores obtenidos tanto para el índice de flexibilidad (0,99), como para el índice de sobreesfuerzo (0,92) general del edificio #2 son inferiores a la unidad; y por tanto son valores aceptables de acuerdo con los requisitos especificado por la NSR-10 en A.10.9.2.3 –Intervención de edificaciones diseñadas y construidas antes de la vigencia del decreto 1400 de 1984.

TABLA 25: ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD GENERAL DEL EDIFICIO #2 POSTERIOR AL REFORZAMIENTO

INDICE DE FLEXIBILIDAD DEBIDO A DEFLEXIONES	0.91
INDICE DE FELEXIBILIDAD DEBIDO A DERIVAS	0.99
INDICE DE FLEXIBILIDAD GENERAL DEL EDIFICIO #2	0.99

TABLA 26: ÍNDICE DE SOBRE ESFUERZO GENERAL DEL EDIFICIO #2 POSTERIOR AL REFORZAMIENTO

INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN VIGAS (CORTANTE)	0.81
INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN VIGAS (FLEXIÓN)	0.92
INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN COLUMNAS (FLEXOCOMPRESIÓN)	0.02
INDICE DE SOBRE ESFUERZO EN COLUMNAS (CORTANTE)	0.13
INDICE DE SOBRE ESFUERZO GENERAL DEL EDIFICIO #2	0.92

Finalmente, con el inverso del índice de sobreesfuerzo y del índice de flexibilidad general del edificio #2, obtenidos para la estructura posterior a su reforzamiento, se calculan los porcentajes de vulnerabilidad sísmica, los cuales son presentados en la tabla 29.

TABLA 27: VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO #2 POSTERIOR AL REFORZAMIENTO.

VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA COMO FRACCIÓN DE LA RIGIDEZ	101%
VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA COMO FRACCIÓN DE LA RESISTENCIA	95%

VULNERABILIDAD SÍSMICA GENERAL DEL EDIFICIO #2

95%

De la tabla 27 se concluye que la rigidez global del edificio #2 está al 101 % de lo que exige las solicitudes de la NSR-10 para una edificación nueva y la resistencia global del edificio #2 se encuentra al 95% de lo requerido por la NSR-10 para una edificación nueva.

17.7.2 Propuesta de intervención #2: demolición de la estructura y construcción de una nueva edificación. En esta propuesta se plantea la demolición total de la edificación y su posterior construcción utilizando el sistema estructural de pórticos en acero resistentes a momentos. Por medio de esta nueva edificación tipo pórtico se cumplirán las exigencias de la NSR-10 para las estructuras del grupo de uso III. (Ver anexo VI)

- 17.8 Presupuesto de la propuesta

Se presentan dos alternativas de presupuesto para intervención y para demolición. Ver anexo VI.

Capítulo 18 Conclusiones

Una vez analizada la información recopilada y elaborada a lo largo del estudio se puede concluir lo siguiente:

- Posterior a la elaboración de la historia clínica de las edificaciones #1 y #2 pertenecientes al FDI, se identificó que la edificación # 1 posee una edad aproximada de 60 años y que inicialmente fue concebida como una edificación tipo vivienda de 1 piso y posteriormente se le adiciono un segundo piso y se realizó el cambio de uso a comercial e institucional. Por su parte la edificación #2 también correspondía en sus inicios a una edificación de 4 pisos de uso residencial que contaba con 8 apartamentos; con la ayuda de documentos suministrado por el propietario como las escrituras y el certificado de libertad y tradición se pudo establecer que el edificio #2 tiene una edad aproximada de 45 a 50 años, y que este sufrió de una modificación de su tipo de uso original y pasa a ser utilizado como edificación institucional específicamente para área de oficinas administrativas y salones de clase.
- Con la información documental recopilada en el capítulo de historia clínica del presente estudio patológico, con el análisis y levantamientos de las lesiones y las pruebas de campo realizadas, se procedió a evaluar la vulnerabilidad estructural de las edificaciones objeto de estudio, las cuales arrojaron como resultado que el sistema estructural del edificio #1 edificación #1, no es funcional estructuralmente en sus condiciones actuales, ni para el grupo de uso I que es el grupo de uso valido

según la norma NSR-10 de este sistema estructural, ni mucho menos para el grupo de uso III.

Se considera que la edificación #1 debido a las deficiencias estructurales, la capacidad de disipación sísmica del sistema estructural y el grupo de uso (III) al cual está siendo sometido posee un alto grado de vulnerabilidad.

En lo referente a la evaluación de la vulnerabilidad estructural de la edificación #2 se concluye que la rigidez global del edificio #2 está al 10.90 % de lo que exige las solicitaciones de la NSR-10 para una edificación nueva y la resistencia global del edificio #2 se encuentra al 8.9% de lo requerido por la NSR-10. Ante los anteriores resultados se concluye que la edificación es altamente vulnerable sísmicamente y debe ser intervenida por medio de un reforzamiento estructural.

- Para el análisis y diagnóstico del estado actual de las edificaciones del FDI fue necesario realizar algunos ensayos destructivos y no destructivos debido a la carencia de planos estructurales que revelaran información específica sobre el diseño de las edificaciones, estos ensayos fueron mencionados en el capítulo 16 y arrojaron como resultado que las resistencias de los concretos y calidades son inferiores a los especificados en la actualidad bajo las normativas vigentes (NSR-10); adicionalmente se verifico mediante pruebas de carbonatación que la profundidad del fenómeno de carbonatación supera el valor del recubrimiento en cm para los elementos objetos de estudio.

Posteriormente a la realización de las pruebas en campo y al análisis de los resultados arrojados por el laboratorio y a la interpretación de los resultados de la evaluación de

la vulnerabilidad estructural de los edificios # 1 y #2 del FDI, se establece como diagnostico que el edificio #1 adolece de una patología provocada por una causa indirecta relacionada con errores de diseños, falta de detalles y especificaciones inadecuadas con respecto a la NSR-10 como consecuencia del cambio de uso y a una falta de sistema estructural concreto, y las lesiones más evidentes que manifiesta en el edificio #1 son las humedades encontradas sobre la pared de la fachada del segundo piso, cuya consecuencia es la patología antes mencionada.

Por su parte el edificio #2 presenta una patología debido a una causa directa que obedece a un incremento de cargas (sobrecargas) debido al cambio de uso de la edificación, la cual paso de ser un edificio de cuatro pisos de apartamento, a un edificio de salones de clase para una institución educativa. Las lesiones evidenciadas por esta patología obedecen a lesiones de tipo mecánica (grietas y fisuras).

El edificio #2 se encuentra en un estado de deterioro bastante avanzado debido a su edad (60 años) y adicionalmente se encuentra por fuera de las normativas vigentes de construcciones sismo resistente en Colombia NSR-10.

- Finalmente, dentro del capítulo 17 se establecieron las propuestas de intervención que fueron expuestas dentro de dos aspectos; corrección de la lesiones manifestadas y corrección de las causas directas que originan las lesiones y que fueron expuestas en el capítulo de diagnóstico. En el capítulo 17 en la parte de corrección de las lesiones, se especifica los materiales y herramientas requeridas y se propone protecciones y mantenimientos.

- En lo relacionado con las propuestas de intervención a nivel estructural para las edificaciones #1 y #2; para ambas edificaciones se contemplan dos alternativas, la primera de esas alternativas es la de demolición de las edificaciones y construcción de unas nuevas edificaciones.

Como segunda alternativa se plantea una propuesta de intervención de modificación del sistema estructural para la edificación #1 incorporando elementos adicionales tipo columnas y vigas, que permitan el cumplimiento de la NSR-10. Para la edificación #2 como segunda alternativa se plantea el reforzamiento de vigas y columnas; considerando el encamisado con láminas de acero para las columnas, la incorporación de elementos faltante tipo columnas y el recalce de vigas. Para ambas alternativas de intervención de las edificaciones #1 y #2 se incluyó la evaluación presupuestal en el anexo VI.

Capítulo 19 Recomendaciones

A continuación, se realizarán una serie de recomendaciones para el buen funcionamiento general del edificio intervenido y así evitar la reaparición de lesiones que puedan comprometer la integridad física de la estructura en general y sus diferentes elementos a futuro:

- Se recomienda realizar las intervenciones propuestas en el capítulo 17, ante el deterioro progresivo de la estructura y los elementos adicionales.
- La propiedad conservará en su poder la documentación técnica relativa a los datos resultantes del ensayo geotécnico del terreno y que sirvieron de base para la redacción del correspondiente proyecto técnico.
- Cualquier modificación de las condiciones del terreno sobre el que se asienta el edificio que pueda modificar las condiciones de trabajo previstas en el proyecto debe ser justificada y comprobada mediante los cálculos oportunos, realizados por un profesional competente.
- En el suelo, las variaciones de humedad cambian la estructura y comportamiento de este, lo que puede producir asientos. Se deberá, por tanto, evitar las fugas de la red de desagüe que puedan producir una variación en el grado de humedad del suelo.
- La propiedad conservará en su poder la documentación técnica relativa a los elementos componentes de la cimentación, en la que figurarán las solicitudes para las que ha sido proyectado el edificio.
- Cualquier modificación de los elementos componentes de la cimentación que puedan modificar las condiciones de trabajo previstas en el proyecto debe ser justificada y comprobada mediante los cálculos oportunos, realizados por un profesional competente.

- La cimentación es difícil de mantener; es más fácil prever las actuaciones y prevenir su degeneración atendiendo a los factores que puedan alterar su durabilidad, de los cuales la humedad es el más importante.
- Cualquier modificación de los elementos componentes de la estructura que pueda modificar las condiciones de trabajo previstas en el proyecto debe ser justificada y comprobada mediante los cálculos oportunos, realizados por un técnico competente.
- Su mantenimiento se debe ceñir principalmente a protegerla de acciones no previstas sobre el edificio, cambios de uso y sobrecargas en las losas, así como de los agentes químicos y de la humedad (cubierta, voladizos, plantas bajas por capilaridad) que provocan la corrosión de las armaduras.
- Las estructuras convencionales de edificio no requieren un nivel de inspección superior al que se deriva de las inspecciones técnicas rutinarias de los edificios. Es recomendable que estas inspecciones se realicen al menos cada 10 años, salvo en el caso de la primera, que podrá desarrollarse en un plazo superior.
- En este tipo de inspecciones se prestará especial atención a la identificación de los síntomas de daños estructurales, que normalmente serán de tipo dúctil y se manifiestan en forma de daños de los elementos inspeccionados (deformaciones excesivas causantes de fisuras en cerramientos, por ejemplo). También se identificarán las causas de daños potenciales (humedades por filtración o condensación, actuaciones inadecuadas de uso, etc.)
- Es conveniente que en la inspección del edificio se realice una específica de la estructura, destinada a la identificación de daños de carácter frágil como los que afectan a secciones o uniones (corrosión localizada, deslizamiento no previsto de uniones atornilladas, etc.), daños que no pueden identificarse a través de sus efectos en otros elementos no

estructurales. Es recomendable que las inspecciones de este tipo se realicen al menos cada 20 años.

- La propiedad conservará en su poder la documentación técnica relativa al uso para el que han sido proyectadas, debiendo utilizarse únicamente para tal fin.
- No se realizará ninguna alteración de las premisas del proyecto, ya que un cambio de la solución inicial puede ocasionar problemas de humedad, sobrecargas excesivas, etc., además de alterar la condición estética del proyecto. Se evitará la sujeción de máquinas para instalaciones de aire acondicionado u otro tipo.
- No se abrirán huecos en fachadas ni se permitirá efectuar rozas que disminuyan sensiblemente la sección del cerramiento sin la autorización de un técnico competente.
- No se permitirá el tendido exterior de ningún tipo de conducción, ya sea eléctrica, de fontanería, de aire acondicionado, etc., excepto de aquellas que sean comunitarias y para las que no exista otra alternativa para su instalación.
- No se modificará la configuración exterior de balcones y terrazas, manteniendo la composición general de las fachadas y los criterios de diseño.
- No se permitirán sobrecargas de uso superiores a las previstas ni alteraciones en la forma de trabajo de los elementos estructurales o en las condiciones de arriostramiento.
- Se deberán ventilar las habitaciones entre 2 y 5 veces al día. El contenido de humedad del aire en el ambiente se eleva constantemente y se produce agua por condensación, lo que produce daños tales como formaciones de hongos y manchas de humedad. Se limpiará con productos especiales y con el repintado antimoho que evite su transparencia.
- Los canales y perforaciones de evacuación de aguas de las carpinterías deberán mantenerse siempre limpios.

- Se evitará que los vidrios entren en contacto con otros vidrios, elementos metálicos o materiales pétreos.
- No se colocarán máquinas de aire acondicionado en zonas próximas a los vidrios, que puedan provocar la rotura del vidrio debido a los cambios bruscos de temperatura.
- No se colocarán muebles u otros objetos que obstaculicen el recorrido de las hojas de la carpintería.
- Se evitarán golpes y rozaduras en las persianas, así como el fundido de agua procedente de jardineras.
- La propiedad conservará en su poder la documentación técnica relativa al uso de las instalaciones para el que han sido proyectadas, debiendo utilizarse únicamente para tal fin.
- Es aconsejable no manipular personalmente las instalaciones y dirigirse en todo momento (avería, revisión y mantenimiento) a la empresa instaladora específica.
- No se realizarán modificaciones de la instalación sin la intervención de un instalador especializado y las mismas se realizarán, en cualquier caso, dentro de las especificaciones de la reglamentación vigente y con la supervisión de un profesional competente.
- Se dispondrá de los planos definitivos del montaje de todas las instalaciones, así como de diagramas esquemáticos de los circuitos existentes, con indicación de las zonas a las que prestan servicio, número y características de estos.
- El mantenimiento y reparación de aparatos, equipos, sistemas y sus componentes empleados en las instalaciones, deben ser realizados por empresas o instaladores-mantenedores competentes y autorizados. Se debe disponer de un Contrato de Mantenimiento con las respectivas empresas instaladoras autorizadas antes de habitar el edificio.

- Existirá un Libro de Mantenimiento, en el que la empresa instaladora encargada del mantenimiento dejará constancia de cada visita, anotando el estado general de la instalación, los defectos observados, las reparaciones efectuadas y las lecturas del potencial de protección.
- El titular se responsabilizará de que esté vigente en todo momento el contrato de mantenimiento y de la custodia del Libro de Mantenimiento y del certificado de la última inspección oficial.
- El usuario dispondrá del plano actualizado y definitivo de las instalaciones, aportado por el arquitecto, instalador o promotor o bien deberá proceder al levantamiento correspondiente de aquéllas, de forma que en los citados planos queden reflejados los distintos componentes de la instalación.
- Igualmente, recibirá los diagramas esquemáticos de los circuitos existentes con indicación de las zonas a las que prestan servicio, número y características de todos los elementos, codificación e identificación de cada una de las líneas, códigos de especificación y localización de los tableros eléctricos y terminales e indicación de todas las características principales de la instalación.
- En la documentación se incluirá razón social y domicilio de la empresa suministradora y/o instaladora.
- La propiedad conservará en su poder la documentación técnica relativa a los elementos componentes de los aislamientos e impermeabilizaciones, en la que figurarán las características para las que ha sido proyectada.
- Cualquier manipulación del aislamiento deberá ser realizada por personal cualificado.
- Deberán seguirse las instrucciones específicas indicadas por el fabricante.
- En caso de rotura o falta de eficacia, deberá ser sustituido por otro del mismo tipo.

- Si durante la realización de cualquier tipo de obra se alteraran las condiciones del aislamiento, deberá repararse inmediatamente.
- No se colocarán elementos que perforen el aislamiento.
- No se someterán a esfuerzos para los que no han sido previstos.
- En general, no deben almacenarse materiales ni equipos de instalaciones sobre la cubierta. En caso de que fuera estrictamente necesario dicho almacenamiento, deberá comprobarse que el peso de este no sobrepase la carga máxima que la cubierta puede soportar. Además, deberá realizarse una protección adecuada de su impermeabilización para que no pueda ser dañada.
- Cuando en la cubierta de un edificio se sitúen, con posterioridad a su ejecución, equipos de instalaciones que necesiten un mantenimiento periódico, deberán disponerse las protecciones adecuadas en sus proximidades para que durante el desarrollo de dichas operaciones de mantenimiento no se dañen los elementos componentes de la impermeabilización de la cubierta.
- En caso de que el sistema de estanqueidad resultara dañado como consecuencia de circunstancias imprevistas y se produjeran filtraciones, deberán repararse inmediatamente los desperfectos ocasionados.
- Como criterio general, no deben sujetarse elementos en el revestimiento. Se evitarán humedades perniciosas, permanentes o habituales, además de roces y punzonamientos.
- En suelos y pisos se comprobará la posible existencia de filtraciones por fisuras y grietas y en paramentos verticales se comprobará la posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades y manchas.

Lista de referencias

ALCALDÍA DISTRITAL DE BARRANQUILLA. Código de Laderas del Distrito de Barranquilla. 2005

ALCALDÍA DE BARRANQUILLA. Zonificación de amenazas por movimiento en masa de las laderas occidentales. Disponible en:
http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3034:zonificacion-deamenaza-por-movimientos-en-masa-de-las-laderas-occidentales-de-barranquilla-departamento-delatlantico&catid=53&Itemid=235

Alvarez, M. (2000). Salicylic acid in the machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant Molecular Biology* 44: 429–442.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. NSR-98, Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente, Título A, Título B y Título C. 1998.

BARRIO EL PRADO: SUS CASAS Y SU HISTORIA, Documento Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Noviembre de 2001

Barrera, R.,(2001) Geología de las planchas 16-17 Galerazamba y Barranquilla. Ministerio de Minas y Energía, Colombia: Instituto de información geocientífica, minero-ambiental y nuclear INGEOMINAS.

(28/01/2016) CONSTRUCCIONES EN ACERO, NO 21 INGENIERÍA FORENSE.
<http://www.construccionenacero.com/blog/ndeg-21-ingenieria-forense>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA –Ingeominas. Zonificación de amenaza por movimientos en masa de las laderas occidentales de Barranquilla, Departamento del Atlántico. 2011

Lamb, C., & Dixon, R. (1997). The oxidative burst in plant disease resistance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 251–275.

MANUAL DE EVALUACIÓN Y REFORZAMIENTO SÍSMICO PARA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN VIVIENDAS, elaborado por Build Change, Swisscontact y SENA, 2015.

Muñoz, C., & Zapata, F. (2013). Plan de manejo de los Arrecifes Coralinos del Parque Nacional Natural Gorgona - Pacífico colombiano. Santiago de Cali, Colombia: WWF Colombia, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

(28/01/2016) NEVILLE, A.M Tecnología del concreto tomo 1 y 2 México Instituto Mexicano del cemento y el concreto. Primera Edición, tercera reimpresión.1980

PATOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS ARQUITECTÓNICAS. Juna Monjo Corrio. México, 1995

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE – NSR-10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, 2010. Disponible en: <http://camacol.co/informacion-tecnica/nsr-10>

RESEÑA DEL LIBRO: BARRIO EL PRADO. HITO HISTÓRICO Y URBANO DE BARRANQUILLA, Memorias, No 12 (Enero – Julio 2010). Jorge Villalon. Historiador, Docente de la Universidad del Norte

SANCHEZ, Diego. Durabilidad y patología del concreto. Capítulo 3. Instituto del Concreto Asocreto, 2003.

SWANSON, J., KEARNEY, B., & Dahlbeck, D. (1988). Cloned avirulence gene of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* complements spontaneous race change mutant. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 1: 5–9.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. <https://www2.sgc.gov.co/>

STRUCTURE. ENCICLOPEDIA BROTO. PATOLOGIAS DE LA CONSTRUCCIÓN. 2006.

Vanacker, H., & Greenberg, JT. (2001). A role for salicylic acid and *npr1* in regulating cell growth in *Arabidopsis*. *Plant Journal* 28: 209–216.

Anexos

ANEXO I: Formatos de almacenamiento de la información

ANEXO II: Fichas arquitectónicas

ANEXO III: Fichas de verificación de deficiencias del edificio #1

ANEXO IV: Fichas de lesiones

ANEXO V: Diseño estructural de la propuesta de intervención # 1 para el edificio #1

ANEXO VI: Estudio de suelo

ANEXO VII: Presupuesto de la propuesta

ANEXO VIII: Resultados evaluación de la vulnerabilidad del edificio #2

ANEXO IX: Resultados reforzamiento estructural del edificio #2

Glosario

MORISCO, ca (adj.) Se refiere a los musulmanes que quedaron en España después de terminada la Reconquista y de sus descendientes. Su arquitectura se caracteriza por incluir elementos ornamentales y constructivos propios de la arquitectura musulmana

VERSALLESCO, ca (adj.) Propio del palacio y sitio real de Versalles, o que imita su estilo