

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(135)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	LAURA XIMENA OVALLOS SANGUINO SERGIO ANDRES PELAEZ GOMEZ
FACULTAD	FACULTA DE INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR	JESUS DAVID MARQUEZ MONTEJO
TÍTULO DE LA TESIS	DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE LAS ESCUELAS PÚBLICAS PERTENECIENTES AL COLEGIO JOSÉ EUSEBIO CARO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EL SIGUIENTE PROYECTO CONSISTE EN UN DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL Y EVALUACION DE COSTOS A TRES ESCUELAS DEL COLEGIO JOSE EUSEBIO CARO DE OCAÑA, LAS CUALES ATRAVEZ DEL EL TIEMPO HAN SUFRIDO ALGUNAS FALLAS CONSTRUCTIVAS Y ESTRUCTURALES POR DIFERENTES MOTIVOS, LO CUAL NOS DICE QUE ESTAS NO PUEDEN ESTAR CUMPLIENDO CON LO ESTIPULADO EN EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE (NSR-10) Y PUEDEN SER UN RIESGO PARA ESTUDIANTES Y PROFESORES.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 135	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 0	CD-ROM: 1
---------------------	------------------	-------------------------	------------------



DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE LAS ESCUELAS
PÚBLICAS PERTENECIENTES AL COLEGIO JOSÉ EUSEBIO CARO DEL MUNICIPIO
DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.

AUTORES

LAURA XIMENA OVALLOS SANGUINO

SERGIO ANDRES PELÁEZ GÓMEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Civil

Director

Esp. JESUS DAVID MARQUEZ MONTEJO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Marzo de 2021

Índice

Capítulo 1. Diagnostico estructural y evaluación de costos de las escuelas públicas pertenecientes al colegio José Eusebio Caro del municipio de Ocaña, Norte de Santander.	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1Objetivo general.	3
1.3.2Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación	4
1.5 Delimitaciones.....	5
1.5.1Delimitación operativa.	5
1.5.2Delimitación Conceptual.....	5
1.5.3Delimitación Geográfica.	5
1.5.4Delimitación Temporal.	5
Capítulo 2. Marco Referencial.....	6
2.1 Antecedentes históricos	6
2.1.1Marco histórico.....	9
2.2 Marco contextual.....	10
2.3 Marco conceptual	12
2.3.1Patología.....	12
2.3.2Diagnóstico.....	14
2.3.3Rehabilitación.....	14
2.3.4Inspección de daños.	15
2.3.5Evaluación de costos y presupuestos.	16
2.4 Marco teórico	16
2.4.1Inspección de daños.....	17
2.4.2Tipos de daños.....	20
2.4.3Costos y presupuestos para edificaciones.	24
2.5 Marco legal	26
2.5.1Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 Reglamento NSR-10.	26
Capítulo 3. Diseño Metodológico	27
3.1 Tipo de investigación.....	27
3.2 Población	27
3.3 Muestra	27

3.4 Recolección de la información.....	27
3.5 Análisis de la información	28
Capítulo 4. Desarrollo del proyecto	29
4.1 Determinar tipos de fallas de la estructura y elementos que la componen para identificar los daños que se presentan.....	29
4.1.1 Causas y efectos de los defectos, daños y deterioros en estructuras.	31
4.2 Realizar un diagnóstico estructural que permita categorizar el tipo de daño presentado en cada estructura y dar solución a los problemas presentados según los requisitos de la NSR-10.....	52
4.2.1 Patologías estructurales identificadas en las instituciones educativas.....	52
4.2.2 Prueba de esclerómetro.....	68
4.3 Evaluar los costos de las propuestas planteadas para la rehabilitación o mejoramiento estructural de las edificaciones.....	77
4.3.1 Costos de rehabilitación de la escuela Adolfo Milanés.	78
4.3.2 Costos de rehabilitación de la escuela David Haddad Salcedo.	79
4.3.3 Costos de rehabilitación de la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.	80
4.4 Generar un informe técnico que sirva de antecedente para futuros proyectos de mejoramiento a las instituciones educativas, el cual será entregado al rector de la institución.....	83
4.4.1 Inspección Visual y fallas encontradas.....	85
4.4.2 Análisis estructural Escuela Nuestra Señora de Torcoroma.	98
4.4.3 Síntesis y comentarios adicionales.	111
Conclusiones.....	117
Recomendaciones	120
Referencias	121
Apéndices	124
Apéndice a. Localización de las escuelas objeto de estudio	125
Apéndice b. Plano arquitectónico de las escuelas.....	126
Apéndice c. Despieces Estructurales de la escuela Nuestra señora de Torcoroma	127

Lista de figuras

Figura 1 Ubicación del departamento de Norte de Santander.	10
Figura 2 Ubicación de la Ocaña, Norte de Santander.	11
Figura 3 Modelo secuencial de los procesos que sigue la patología del concreto.....	13
Figura 4 Criterios para evaluar los daños.	19
Figura 5 Estado de los pisos.	53
Figura 6 Estado de las columnas.....	55
Figura 7 Estado de los muros.....	56
Figura 8 Estado de la cubierta.	57
Figura 9 Estado de las columnas.....	59
Figura 10 Muros de tapia soportando la losa.....	60
Figura 11 Estado de los muros.....	61
Figura 12 Estado de la cubierta.....	62
Figura 13 Estado de los pisos.	63
Figura 14 Columnas dibujadas y demarcadas sobre el muro.	64
Figura 15 Estado de las columnas en la segunda fase de la edificación.	64
Figura 16 Estado de las columnas.....	65
Figura 17 Discontinuidad de las vigas.	66
Figura 18 Estado de los muros.....	67
Figura 19 Estado de la cubierta.....	68
Figura 20 Equipo de esclerómetro.	69
Figura 21 Toma de datos escuela Adolfo Milanés.....	70
Figura 22 Toma de datos escuela David Haddad Salcedo.	73
Figura 23 Toma de datos escuela Nuestra señora de la Torcoroma.	75
Figura 24 Localización de las escuelas objeto de estudio.	84
Figura 25 Planta arquitectónica escuela Adolfo Milanés.....	87
Figura 26 Planta arquitectónica escuela David Haddad Salcedo.....	89
Figura 27 Planta arquitectónica escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.	91
Figura 28 Diseño estructural propuesto.	99
Figura 29 Pórtico espacial de la escuela.....	99
Figura 30 Reparto de áreas de cubierta.	101
Figura 31 Distribución de cargas de cubierta.	103
Figura 32 Diagrama de momento en las vigas del pórtico.	103
Figura 33 Área de acero requerida de vigas aéreas.....	104
Figura 34 Despiece de la viga en el eje A.	105
Figura 35 Área de acero requerida por las columnas.....	106
Figura 36 Despiece de columna tipo.....	107
Figura 37 Reacciones en los apoyos de la estructura.....	108
Figura 38 Despiece de zapata aislada.....	110

Lista de tablas

Tabla 1 Variables estructurales a evaluar según el sistema.....	20
Tabla 2 Resultados del ensayo de esclerómetro en la escuela Adolfo Milanés.	71
Tabla 3 Resultados del ensayo de esclerómetro en la escuela David Haddad Salcedo.	74
Tabla 4 Resultados del ensayo de esclerómetro en la escuela Nuestra señora de la Torcoroma.	76
Tabla 5 Medidas de intervención para las escuelas analizadas.	77
Tabla 6 Costos de las medidas de intervención en la escuela Adolfo Milanés.	78
Tabla 7 Costos de las medidas de intervención en la escuela David Haddad Salcedo.	80
Tabla 8 Costos de las medidas de intervención en la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.	81
Tabla 9 Información general y sistema estructural de la escuela Adolfo Milanés.	92
Tabla 10 Análisis patológico de la escuela Adolfo Milanés.	93
Tabla 11 Información general y sistema estructural de la escuela David Haddad Salcedo.	94
Tabla 12 Análisis patológico de la escuela David Haddad Salcedo.	95
Tabla 13 Información general y sistema estructural de la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.	96
Tabla 14 Análisis patológico de la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.....	98
Tabla 15 Descripción de modelos de cubierta.	100
Tabla 16 Estimación del peso propio de la cubierta tipo 3.....	100
Tabla 17 Carga de las vigas aéreas.	102
Tabla 18 Datos iniciales de diseño de zapata.	108
Tabla 19 Diseño de la geometría de la zapata.	109
Tabla 20 Verificación de la geometría de la zapata.	109
Tabla 21 Diseño a flexión de la zapata	110
Tabla 22 Patologías escuela Adolfo Milanés.	112
Tabla 23 Patologías escuela David Haddad Salcedo.	113
Tabla 24 Patologías escuela Nuestra señora de la Torcoroma.	115

Capítulo 1. Diagnostico estructural y evaluación de costos de las escuelas públicas pertenecientes al colegio José Eusebio Caro del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.1 Planteamiento del problema

La institución educativa José Eusebio Caro está ubicada en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, es un establecimiento de educación pública, la cual cuenta con 8 sedes de educación primaria, donde actualmente 3 de estas evidencian daños que afectan su funcionamiento.

Cuando se construyen estructuras de tan importante uso como escuelas, al pasar el tiempo se deben realizar periódicamente estudios técnicos, cuyo objetivo sea verificar la estabilidad y resistencia de la edificación. Además de rectificar que cumpla con los requisitos exigidos por la normativa vigente de seguridad, y de esta forma poder diagnosticar las fallas que se puedan presentar durante su vida útil, para evitar deterioros futuros que puedan llevar a un colapso de la estructura.

Uno de los principales problemas de las escuelas públicas, es la calidad que se les brinda a los estudiantes respecto a las instalaciones de infraestructura, ya que muchas escuelas corresponden a edificaciones antiguas, que en muchos casos no se diseñaron para el uso que se les brinda actualmente.

Entre los aspectos que un diagnóstico estructural tiene en cuenta, además de los parámetros de estabilidad, son los condicionantes ambientales físicos y químicos que hayan podido afectar una edificación, en este caso los factores meteorológicos como la lluvia y el viento, o incluso geológicos como leves sismos o movimientos de tierra, pueden ser posibles causas de daños en la estructura.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que las estructuras a estudiar tienen un grupo de uso III según el título A, del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), es de gran trascendencia realizar estudios, que según el Título C.20 EVALUACION DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES de dicha norma, permite diagnosticar y evaluar de los estados actuales de las edificaciones, y así tener un control de estas; ya que por olvido que han tenido las entidades encargadas respecto a los problemas físicos de las instalaciones, estas se han visto deterioradas por dicha indiferencia.

1.2 Formulación del problema

¿Las escuelas que pertenecen a la institución educativa José Eusebio Caro de Ocaña, Norte de Santander son estructuralmente seguras y funcionales?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Evaluar el estado actual de las escuelas pertenecientes a la institución educativa José Eusebio Caro para identificar las patologías, grado de deterioro, y proponer un presupuesto para rehabilitación estructural.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Determinar tipos de fallas de la estructura y elementos que la componen para identificar los daños que se presentan.
- Realizar un diagnóstico estructural que permita categorizar el tipo de daño presentado en cada estructura y dar solución a los problemas presentados según los requisitos de la NSR-10.
- Evaluar los costos de las propuestas planteadas para la rehabilitación o mejoramiento estructural de las edificaciones.
- Generar un informe técnico que sirva de antecedente para futuros proyectos de mejoramiento a las instituciones educativas.

1.4 Justificación

Es fundamental en este tipo de estudios comprender las principales causas aisladas o combinadas que provocan fallas, tratar adecuadamente la problemática de la edificación en su proceso de deterioro, envejecimiento, mal manejo de su comportamiento estructural, funcionamiento y conservación ya que estos parámetros son de vital importancia para extender la vida útil de una edificación.

La realización de un diagnóstico estructural a estas escuelas es muy importante para el directivo encargado ya que este estudio técnico es el primer paso para poder abordar los trabajos de reparación de elementos dañados de las edificaciones afectadas y de esta manera conocer el origen, causas y evaluación del estado actual de las edificaciones, de manera que permita una intervención para restablecer y consolidar las características estructurales del mismo.

Actualmente, aunque se evidencia el deterioro de diferentes escuelas pertenecientes a la institución educativa José Eusebio Caro, las autoridades encargadas no han intervenido realizando estudios profundos que abarque la problemática, sino que han minimizado los llamados de alerta con intervenciones superficiales, dejando a un lado las deficiencias más relevantes que afectan la integridad estructural de la edificación.

Por consiguiente, el propósito de este proyecto de grado es establecer la situación actual de las escuelas, realizar los respectivos estudios necesarios que indiquen el grado de afectación que han tenido las estructuras, dar la solución ingenieril y marcar un antecedente que demuestre la

importancia de realizar un seguimiento y evaluación del estado estructural en estos tipos de edificaciones, para mejorar la calidad de vida de los ocupantes y que se sientan seguros en un ambiente donde pasan la gran parte de su tiempo.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa.

Este proyecto es aplicable a las edificaciones construidas en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.5.2 Delimitación Conceptual.

El siguiente proyecto requiere la aplicación de los siguientes conceptos: diagnóstico estructural, patología, evaluación, peritaje, normatividad, inspección, costos, presupuestos, fallas estructurales.

1.5.3 Delimitación Geográfica.

Este proyecto es aplicable a las edificaciones construidas en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.5.4 Delimitación Temporal.

El proyecto se desarrollará en el periodo comprendido entre febrero de 2020 a Junio 2020.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes históricos

Los diagnósticos estructurales y la evaluación de costos es algo utilizado en cualquier lugar del mundo, debido a que es un método de ayuda para cualquier personal que requiera la información, dando futuras soluciones a las afectaciones de las construcciones presentes en la comunidad.

Después de ser creadas las estructuras y estar en funcionamiento, estas tienden a ser descuidadas por las mismas personas y van teniendo problemas en general en su estructura como tal, debido a que no se les realiza mantenimiento o no se está pendiente de ellas, estas pueden sufrir desprendimientos o cualquier tipo de falla que involucre su estado estructural. Estas fallas pueden surgir de cualquier tipo de problema. Debido a esto una pronta detección de estas puede llegar a salvar la estructura o que mejorar el problema no sea tan difícil o costoso. Algunos estudios para identificar estas fallas y que sirve como base para plantear la necesidad y evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, sería el caso que se hizo en Cuba donde se realizó un diagnóstico estructural de los edificios IMS de 18 niveles del centro urbano sierra maestra, llevándose a cabo mediante la observación directa de las lesiones, así como por el análisis del estudio de corrosión realizado a los elementos estructurales del sistema, lo cual permitió llegar a la propuesta de solución para la reparación de los elementos dañados.. (Diéguez-Cruz, 2011)

Uno de los estudios más relevantes en España, fue el Diagnóstico estructural del edificio Club San Carlos, el donde su diagnóstico se logró con la aplicación del método empírico,

mediante la observación directa del inmueble y sus características y con el levantamiento fotográfico de las lesiones que afectan los elementos estructurales componentes, las cuales fueron referenciadas a través de las fichas técnicas elaboradas, en las que se detallan las principales lesiones, posibles causas y las tareas emergentes que se deben realizar para lograr su integridad y seguridad estructural. Las conclusiones arrojadas por el análisis del estado técnico del inmueble evidencian la necesidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica para una futura rehabilitación estructural del edificio. (Macías-Martínez, 2010)

Estos métodos antes mencionados son muy utilizados o copiados por otros países para realizarlos a sus edificaciones, debido a que son de vital importancia, otras formas de trabajar un diagnóstico fue la realizada en Colombia en la ciudad de Pereira, donde se realizó una “Identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del Municipio de Santa Rosa De Cabal (Sector Educativo)”, donde realizaron una evaluación cualitativa e inspección patológica de cinco instituciones educativas del municipio de Santa Rosa de Cabal del departamento de Risaralda; resaltando la importancia del estudio para generar un interés en el tema por parte de las entidades gubernamentales quienes son las encargadas de velar por el bienestar y seguridad de la comunidad, y quienes a la fecha no habían ejecutado ninguna acción frente al tema. Además, se diagnosticó el estado del plantel educativo y las posibles causas de las patologías encontradas; finalmente con los resultados obtenidos se plantearon una serie de recomendaciones y probables soluciones para mitigar el riesgo de la población tanto de estudiantes como del personal docente y administrativo que hace parte de estas estructuras. (Morales, 2017).

Igualmente, en Pereira se determinó un “Estudio de Patología Estructural Institución Educativa Enrique Millán Rubio”, en el cual mostraron que la Institución Educativa presentaba problemas tanto estructurales como funcionales debido al deterioro de la misma; también presentaba vulnerabilidad al tener a su alrededor varios taludes que en época de lluvia representaban una amenaza para los estudiantes de esta edificación. La realización de este estudio se dividió en tres diferentes etapas en la primera se recolectó información concerniente a esta edificación, la segunda etapa que se dividió en dos visitas de campo: en la primera visita se realizaron inspecciones visuales y un levantamiento de la estructura, y en la segunda se realizaron ensayos de Ferroescaner; y en la tercera etapa se hizo una modelación estructural de esta edificación para comparar si cumplía con los requisitos de la NSR-10. (Pérez, 2017)

Estos métodos se han venido utilizado en la región durante mucho tiempo, debido a las construcciones antiguas que se encuentran en el municipio de Ocaña, llegando a ser parte del patrimonio, por tal motivo se han realizados distintos estudios, entre los que se encuentran la “Patología Estructural y Funcional de Edificio Universitario”, El artículo es una reflexión del resultado a la evaluación de la Patología estructural y funcional del edificio de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO), encontrándose manifestaciones patológicas en el concreto y la mampostería con deterioros moderados y severos tales como la presencia de cultivos biológicos, oxidación del acero de refuerzo, eflorescencias, fisuramiento en la mampostería, entre otros (Monica Pérez Bayona, 2012).

2.1.1 Marco histórico.

La historia de las instituciones educativas, junto al pensamiento pedagógico y el análisis de la política legislativa, han conformado el triple pilar de contenidos tradicionales o categorías temáticas de la Historia de la Pedagogía. Desde su nacimiento, en los albores del siglo XIX. (MARTÍN, 2012).

De ahí en adelante se han surgido muchos cambios en su metodología, dependiendo de varios factores, entre ellos el país donde se vaya a recibir esta.

Al hablar de Colombia su primera escuela fue En épocas remotas, en 1604 se creó el Colegio de San Bartolomé, considerado como el más antiguo del país. Fundado por Bartolomé Lobo (Segura, 2004). Luego de esto fueron surgiendo una tras otra escuela, se crearon además universidades, poco tiempo después. Hoy en día En Colombia hay más o menos 19.314 Colegios. (Colombia, 2019)

En nuestro municipio al hablar de educación y de colegios, se piensa en el colegio José Eusebio Caro el cual fue fundado como casa de estudios el 17 de Mayo de 1834 Por el general Francisco de Paula Santander en su segunda administración, hasta llegar en el año 1906, el sacerdote secular José María Rojas le dio el nombre del liceo de San Luis Gonzaga como establecimiento educativo de carácter privado dependiente de la diócesis de Santa Marta, institución que le sirvió de base al Colegio Caro. Donde en el año de 1911 este instituto funcionaba con todas las ley. (Caro C. J.). Este colegio cuenta con 8 escuelas las cuales tienen

varios años funcionando, entre las cuales se encuentran, la escuela Adolfo Milanés, el cual fue construido en 1943 e inaugurado oficialmente el 16 de septiembre del mismo año. La escuela David Haddad Salcedo, que se creó en el mes de Febrero del año 1974 por el Gobernador David Haddad Salcedo y la escuela nuestra Señora de la Torcoroma, fundada en la década de los setenta. Las cuales ha desempeñado un papel muy importante para la comunidad Ocañera en general

2.2 Marco contextual

El desarrollo de esta investigación se llevará a cabo en el departamento de Norte de Santander (Ver figura 1), concretamente en el municipio de Ocaña.



Figura 1 Ubicación del departamento de Norte de Santander. Fuente: Autores (2020)

Geográficamente Ocaña (Ver figura 2) está ubicada en la zona nororiental, situado a 8° 14' 15" Latitud Norte y 73° 2' 26" Longitud Oeste y está conectado por carreteras nacionales con Bucaramanga, Cúcuta y Santa Marta. Poblacionalmente, se constituye como el segundo municipio del departamento después de Cúcuta con 118273 habitantes (DANE 2018), incluida el área rural. Su extensión territorial es de 460 km², que representa el 2.2% del departamento. Su altura máxima es de 1202 msnm y la mínima de 761 m sobre el nivel del mar. El Casco Urbano se divide en 6 comunas: Comuna 1 central: Jose Eusebio Caro (1.07 km²), Comuna 2 nor-oriental: Cristo Rey (1.51 Km²), Comuna 3 sur-oriental: Olaya Herrera (2.63 Km²), Comuna 4 suroccidental: Adolfo Milanés (1.07 Km²), Comuna 5: Francisco Fernández de Contreras (1.14 Km²), Comuna 6: Ciudadela Norte (0.80 Km²) (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018).



Figura 2 Ubicación de Ocaña, Norte de Santander. Fuente: Autores (2020)

El estudio de esta investigación se realizará a tres escuelas pertenecientes a la Institución Educativa José Eusebio Caro, ubicado en la Calle 11 No. 9-81, Barrio: San Francisco. Estas escuelas son:

- Sede 1 Adolfo Milanés ubicada en la zona Urbana de Ocaña con dirección Calle 10 6-69, Barrio: Adolfo Milanés.

- Sede David Hadad Salcedo ubicada en la zona Urbana de Ocaña con dirección Carrera 10 11-54, Barrio: El Carretero.

- Sede Nuestra Señora De Torcoroma ubicada en la zona urbana de Ocaña con dirección Calle 10 1-17 Barrio: El Llanito.

2.3 Marco conceptual

Dado que el interés de esta investigación es la identificación de fallas y valoración actual del estado estructural de las tres escuelas educativas pertenecientes al Colegio José Eusebio Caro, es necesario plantear conceptos para entender la temática relacionada al diagnóstico, patología y causas de los posibles efectos que puede ocasionar el tiempo, el sistema constructivo, las condiciones ambientales y la zona geológica, entre otros.

2.3.1 Patología.

La patología es el estudio de las enfermedades como procesos anormales de causas conocidas o desconocidas. Para probar la existencia de una enfermedad, se examina la existencia de una lesión en sus niveles estructurales. Este concepto general puede ser aplicado a las

estructuras, encontrando así una definición acertada de patología estructural. Se entiende, entonces, por patología estructural como el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición. (Sanchez de Guzman, 2011). El alcance de la patología estructural se puede visualizar en el siguiente esquema:

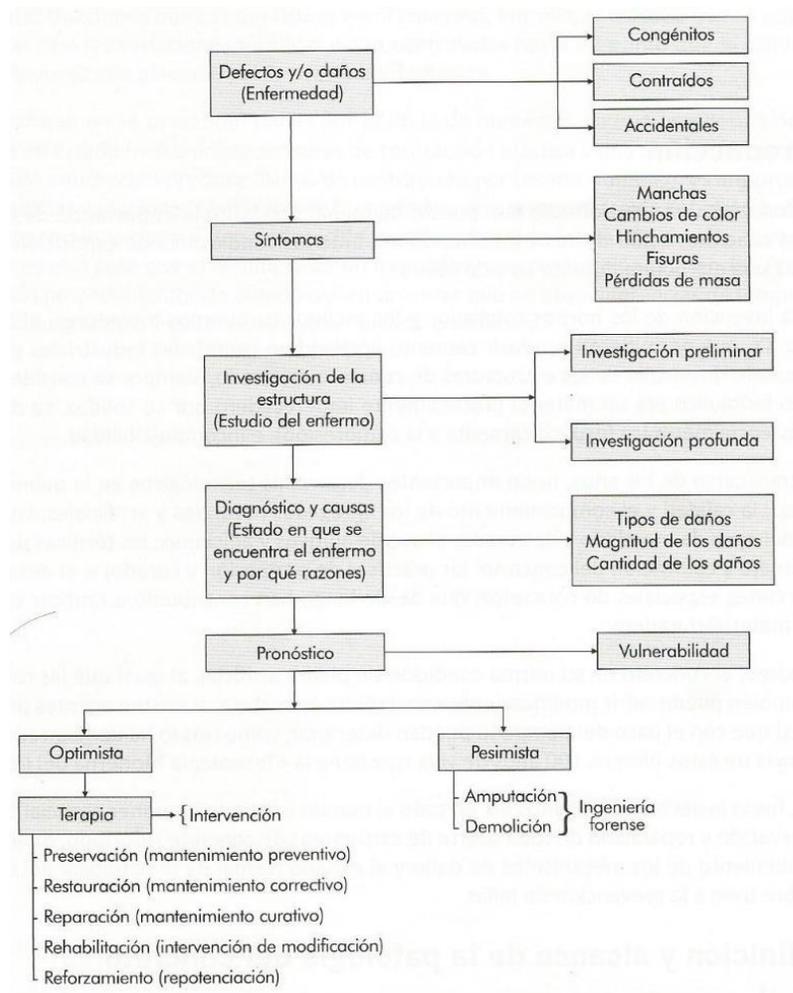


Figura 3 Modelo secuencial de los procesos que sigue la patología del concreto. Fuente: Sánchez de Guzmán, (2011).

2.3.2 Diagnóstico.

El propósito principal del diagnóstico es determinar el grado de amenaza que representan los daños sobre la integridad estructural de la edificación, para clasificarla en términos de las acciones que deben tomar, tanto las autoridades competentes como los usuarios, tras la ocurrencia de un sismo. Adicionalmente, el registro de la identificación y la evaluación, los daños son esenciales para determinar el impacto económico y social del sismo en la ciudad y para aportar información a la base de datos históricos que siempre sirve para desarrollar y mejorar las técnicas asociadas con las estructuras sismo resistentes. (FOPAE-ASIS, 2011).

2.3.3 Rehabilitación.

Las medidas terapéuticas de corrección de los problemas pueden tanto incluir pequeñas reparaciones localizadas, como una recuperación generalizada de la estructura, o refuerzos de los cimientos, columnas, vigas o losas. Es siempre recomendable, que después de cualquiera de las intervenciones citadas, sean tomadas medidas de protección de la estructura, con la implantación de un programa de mantenimiento periódico. (Helene, 2005).

- a) Evaluar los elementos no estructurales, clasificando el grado de daño y estableciendo el porcentaje de elementos afectados en el área con mayores daños.
- b) Clasificar la afectación de la edificación, de acuerdo con los resultados de la evaluación, con base en los criterios establecidos. Diligenciar los avisos para clasificación de las edificaciones, indicando si la revisión fue exterior o interior. Colocar los avisos de clasificación

de las edificaciones en cada una de las entradas y consignar las recomendaciones en el formulario así como en los avisos. Marcar en los mapas el resultado de la evaluación de acuerdo con los códigos de colores y con el uso de la edificación.

c) Explicar verbalmente el significado de la clasificación a los ocupantes de la edificación, especificando clara y directamente si pueden permanecer en la edificación o si deben evacuarla. Si la edificación es segura sólo parcialmente, debe restringirse el acceso a las áreas designadas como inseguras, demarcándolas con algún tipo de barreras o con las cintas de demarcación que tengan la inscripción de PELIGRO.

d) Notificar a los coordinadores para que se realicen los procedimientos que correspondan por parte de las autoridades pertinentes (remoción de escombros, apuntalamiento, evacuación, demolición de elementos en peligro de caer, etc.). (Fopae-asis, 2011)

2.3.4 Inspección de daños.

El conjunto de operaciones y trabajos necesarios para que una obra se mantenga con las características funcionales, resistentes e incluso estéticas con las que fue proyectada y construida. Y se puede dividir este conjunto de operaciones y trabajos en tres fases. Inspección, Evaluación y Mantenimiento.

La primera de estas fases queda definida como el conjunto de acciones técnicas, realizadas de acuerdo con un plan previo, que facilitan los datos necesarios para conocer en un instante dado el estado de la estructura. (Arquba, 2016)

2.3.5 Evaluación de costos y presupuestos.

El presupuesto valorativo detallado es aquel presupuesto donde se descompone cada concepto de obra y los precios de cada elemento que constituye el precio unitario, se pueden estudiar y analizar tanto desde el punto de vista de su rendimiento, desperdicio y costo. Como su nombre lo indica muestra detalladamente el valor de cada unidad de obra y de los elementos que la constituyen. Es la mejor herramienta para analizar cada elemento para buscar su optimización desde el punto de vista de mejorar rendimiento y reducir costos. (Costos y presupuestos, Ing. Álvaro Beltrán Razura)

2.4 Marco teórico

En Colombia es necesario que los profesionales en ingeniería civil adopten con gran importancia los diagnósticos y patologías estructurales con el fin de rehabilitar, dar mejoras, seguridad y alargar la vida útil de las construcciones, ya que esta metodología actualmente es de poco interés para los constructores y es por esta razón que las estructuras se ven afectadas por grandes fallas que no son tomadas en cuenta a debido tiempo.

En este trabajo de grado queremos destacar las teorías que utilizaremos para el desarrollo de la investigación acerca de los diagnósticos y patologías estructurales.

2.4.1 Inspección de daños.

Colombia cuenta con documentos que permiten realizar una evaluación de daño de una estructura de una manera cuantitativa. Los documentos fueron desarrollados por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE y la Asociación de Ingeniería Sísmica AIS. Los documentos llamados “GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES” y “GUÍA TÉCNICA PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO”, servirán de apoyo para esta investigación.

2.4.1.1 Procedimientos para la inspección de edificaciones.

El proceso de inspección se debe comenzar reconociendo el área asignada, haciendo una valoración de cómo están distribuidos los daños en la zona actualmente y como comenzaron en el pasado, ya que esta identificación puede ser un factor importante para estipular varios parámetros cualitativos, como la extensión y la severidad de la afectación. Según la guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales existe un proceso de inspección caso por caso para la zona explorada:

- a) Observar el suelo alrededor de la edificación, para determinar la posible presencia de grietas, hundimientos, deslizamientos o cualquier anomalía en el terreno que pueda afectar la edificación.
- b) Examinar desde el exterior la edificación, evaluando los aspectos preexistentes relevantes con base en el cuestionario del punto.

c) Observar desde el exterior el estado general de la edificación, daños en fachadas, balcones, antepechos, etc., así como el estado de las edificaciones vecinas, estableciendo si las vías de acceso y de evacuación son seguras.

d) Evaluar de la mejor manera posible la integridad estructural de la edificación en términos de la seguridad para ingresar a realizar la evaluación en su interior, observando la integridad de elementos no estructurales, cielos rasos, muros, escaleras o elementos que representen peligro para la vida.

e) Una vez calificada como segura para ingresar, evaluar en el interior el estado del sistema estructural, clasificando el grado de daño de los diferentes elementos estructurales, de acuerdo con la guía contenida aquí para el tipo de sistema estructural, y estableciendo el porcentaje de elementos dañados en las áreas afectadas. (Fopae-asis, 2011)

2.4.1.2 Clasificación del estado de la edificación.

Con base a una inspección visual, es necesaria la clasificación del estado de la edificación y la evaluación de los daños que presenta de forma cualitativa. Evitando que el inspector tenga una justificación personal o individual acerca de lo que examina, este debe guiarse por los lineamientos establecidos en esta guía de patologías, y como complemento hacer uso de la Guía Técnica para la Inspección de Edificaciones Después de un Sismo; esta que ya habíamos mencionado anteriormente como parte de apoyo para esta investigación.

En la figura 4 de la guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales se establecen unos criterios para evaluar los daños, con una clasificación de la severidad, extensión

y grado de habitabilidad que presenta la edificación estudiada. Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales (FOPAE-ASIS, 2011)

Elemento y/o condición evaluada	DAÑOS	Clasificación global del daño y habitabilidad				
		HABITABLE (VERDE)	USO RESTRINGIDO (AMARILLO)	NO HABITABLE (NARANJA)	PELIGRO DE COLAPSO (ROJO)	
ESTADO GENERAL DE LA EDIFICACIÓN	1. Existe colapso (1. No 2. Parcial 3. Total)	1	1	2	2 o 3	
	2. Desviación o inclinación de la edificación o de algún entrepiso (1. Si 2. No 3. No se pudo determinar)	2	2	3	1	
	3. Falla o asentamiento de la cimentación (1. Si 2. No 3. No se pudo determinar)	2	2	3	1	
	Comentarios	No existe colapso, inclinación de la edificación o fallas en su cimentación	Inclinación o colapso puntual de algunos elementos que no representan peligro para la estabilidad de la edificación	Edificios con colapso parcial inferior al 50% del área, donde la parte colapsada no está sobrecargando la estructura Existen dudas sobre posibles fallas de la cimentación	Edificios que han alcanzado estados últimos, con colapso total o parcial superior al 50% del área, notablemente inclinados o con entrepisos desplomados Hundimiento o asentamiento de la cimentación	
DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Niveles de daño Se evalúa en el piso de mayor afectación y los porcentajes se toman de los elementos esenciales de acuerdo al sistema estructural	1. Ninguno				
		2. Leve	< 30%	>30%		
		3. Moderado	No hay daños	< 30%	30 a 60%	> 60%
		4. Fuerte	No hay daños	< 10%	10 a 30%	> 30%
		5. Severo	No hay daños	< 5%	5 a 15%	>15%
	Comentarios	Daños muy leves y muy puntuales o que no evidencian ningún tipo de daño estructural	Los daños estructurales son tan puntuales que no reducen su capacidad global de resistencia ni ponen en peligro la estabilidad	Disminución de la capacidad de resistir cargas verticales u horizontales pero no existe inestabilidad potencial	Disminución significativa de la capacidad para resistir cargas verticales o laterales en tal proporción que existe inestabilidad potencial	
DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	Niveles de daño Percepción global de los daños en la edificación verificando principalmente aquellos elementos que representan mayor peligro	1. Ninguno				
		2. Leve	< 30%			
		3. Moderado	< 30%			
		4. Fuerte		30 a 60%	> 60%	
		5. Severo				
	Comentarios	Los daños son leves y muy puntuales y no ofrecen peligro para la integridad de las personas	Peligro puntual de falla o caída de objetos, en zonas diferentes a los accesos y escaleras Se pueden remover fácilmente	Daños generalizados Problemas en escaleras y accesos o en fachadas, balcones, cielo rasos que están en peligro de caer		
PROBLEMAS GEOTÉCNICOS	11. Falla en talud o movimientos en masa 12. Asentamientos, subsidencia o licuación (1. No 2. Parcial 3. Total)	1	1	2	3	
	Comentarios	Fuera de la zona de influencia del fenómeno geotécnico y no existe ninguna posibilidad de reactivación	La edificación no se encuentra localizada en el área directa de influencia del fenómeno	El fenómeno es puntual pero sugiere una disminución significativa de la capacidad del suelo a resistir cargas. La edificación se encuentra dentro del área de influencia o de reactivación del fenómeno	La edificación se encuentra localizada sobre o muy cerca al área de influencia del fenómeno y el potencial de reactivación es inminente o muy probable	

Figura4 Criterios para evaluar los daños. Fuente: Fopae-asis (2011)

2.4.2 Tipos de daños.

2.4.2.1 Evaluación de los daños en elementos estructurales.

Para obtener la gravedad del daño en el que se encuentra la edificación se debe evaluar el sistema estructural; en cada elemento identificado y cada nivel de daño que se observe se debe asignar un porcentaje que equivalga a la cantidad de daños que el evaluador esté explorando.

En muchos casos no es posible encontrar a simple vista los daños porque la estructura está oculta por los elementos o acabados arquitectónicos, en llegado caso donde existan dudas sobre la afectación que posee alguna parte de la edificación se debe recomendar una inspección más detallada, ya sean pruebas o ensayos.

En la Tabla 1 de la Guía Técnica para la Inspección de Edificaciones después de un Sismo (2002), se pueden ver los elementos estructurales dependiendo del sistema con el que cuente la edificación. (p.25).

Tabla 1
Variables estructurales a evaluar según el sistema

Sistema Estructural	Elementos Estructurales
Pórtico en concreto reforzado	Vigas, columnas, nudos y entrepisos
Pórtico con muros estructurales en concreto reforzado	Vigas, columnas, nudos, muros y entrepisos.
estructuras metálicas	Vigas, columnas, conexiones y entrepisos.
estructuras en madera	Vigas, columnas, conexiones y entrepisos.
mampostería	Muros portantes (con columnetas y vigas de confinamiento en el caso ser confinada) y entrepiso.
Tapia, adobe y bahareque	Muros portantes y entrepiso

Fuente: Sísmica, 2002

2.4.2.2 Vigas, columnas y muros estructurales en concreto reforzado.

Cuando ocurren sismos muy fuertes es común que se produzcan daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales, causadas por cortante o torsión, o grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexocompresión. En vigas se producen grietas diagonales y rotura de estribos por cortante o torsión y grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión por cargas alternadas. Las conexiones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga-columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión. En las losas se pueden producir grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la losa de piso debido a la excesiva demanda de flexión que puede imponer el sismo.

Niveles de Daño:

- Ninguno / muy leve: Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del concreto.
- Leve: Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto.
- Moderado: Grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento.

- Fuerte: Agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de refuerzo longitudinal.

- Severo: Degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas.

2.4.2.3 Mampostería.

Niveles de Daño:

- Ninguno / muy leve: Grietas pequeñas difícilmente visibles, con ancho menor a 0.2 mm, sobre la superficie del muro.

- Leve: Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm, sobre la superficie del muro.

- Moderado: Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm, en la superficie del muro. Algunas fisuras en columnetas y vigas de confinamiento.

- Fuerte: Agrietamiento diagonal severo, con anchos mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería.

- Severo: Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal en columnetas y vigas de confinamiento, con anchos mayores a 1.0 mm. Desplome o inclinación apreciable del muro.

2.4.2.4 Vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero.

Niveles de Daño:

- Ninguno / muy leve: Sin defectos visibles.
- Leve: Deformaciones menores casi imperceptibles.
- Moderado: Deformaciones perceptibles a simple vista, pandeo incipiente de secciones.
- Fuerte: Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daño en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.
- Severo: Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural dentro de zonas de posible formación de articulaciones plásticas. Fractura de soldaduras, tornillos o remaches.

2.4.2.5 Vigas, columnas y conexiones en estructuras de madera.

Niveles de Daño:

- Ninguno / muy leve: No se observa agrietamiento en el elemento.
- Leve: Fisuración mínima en el elemento.
- Moderado: Agrietamiento en el elemento. Desplazamiento insignificante en las uniones.
- Fuerte: Agrietamiento notable en el elemento y deslizamiento o desplazamiento claramente perceptible en uniones.

- Severo: Disminución de la sección transversal en el elemento, o rompimiento del elemento. Separación o desprendimiento del elemento del sistema estructural.

2.4.2.6 Entrepisos.

Niveles de Daño:

- Ninguno / muy leve: Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie.

- Leve: Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie.

- Moderado: Grietas con anchos entre 1.0 y 2.0 mm en la superficie, pérdida incipiente del recubrimiento.

- Fuerte: Agrietamiento apreciable, pérdida del recubrimiento en la superficie.

- Severo: Degradación y aplastamiento del material, agrietamiento severo.

2.4.3 Costos y presupuestos para edificaciones.

2.4.3.1 Costos.

Para el análisis de costos de un proyecto hay que tener en cuenta la fase en la que se encuentre, en este caso nuestras edificaciones a estudiar contarían con remodelaciones, rehabilitaciones o reforzamientos, según la necesidad y deterioro de cada estructura. A

continuación se debe realizar una estructura de costos, donde nos enfocaremos principalmente en los costos directos, donde tendremos en cuenta la mano de obra, maquinaria, equipos, materiales usados y ensayos que deben utilizarse para que cumpla con las sugerencias de cada remodelación; sin minimizar los costos indirectos más utilidades e impuestos.

2.4.3.2 *Metrado.*

Para la estructuración de un proyecto es de vital importancia esta etapa ya que para poder costear se hace necesaria la medición del área a trabajar. Por tal razón en este proyecto es necesario establecer unidades de medida que defina la actividad y la cantidad a usar.

Según el libro costos y presupuestos para edificaciones (2010), para obtener un mejor producto, se debe hacer uso de los reglamentos y normas determinadas por las instituciones del estado. (p.35).

2.4.3.3 *Presupuesto.*

El presupuesto que presentaremos en esta investigación dará ayuda al rector encargado de las instituciones afectadas para que tenga en cuenta en el momento de realizar arreglos y modificaciones según el informe y análisis que entregaremos luego de las patologías y diagnósticos encontrados en cada estructura. De esta forma, entregaremos como etapa final un presupuesto que abarque con todos los costos que requiera las actividades de cada etapa de las edificaciones.

2.5 Marco legal

Para la investigación de este proyecto se necesitó permiso del rector de la institución José Eusebio Caro para que autorizara el ingreso a las escuelas afectadas para la recolección de datos que consiste en realizar una visita a cada edificación y hacer su respectiva inspección visual. Siendo así, a continuación, se expondrán las normas que se relacionan con el tema:

En el presente proyecto se tiene en cuenta la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10. Título C.

2.5.1 Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 Reglamento NSR-10.

Por la cual establece los parámetros y requisitos de diseño en los diferentes tipos de muro de contención.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación según el nivel de profundidad será descriptiva, al describir las diferentes fallas estructurales que tienen las escuelas del colegio José Eusebio Caro, y a estas mismas realizarles su evaluación de costos, a partir de un trabajo de campo realizado. Según su propósito es investigación aplicada, debido a que ayudara a tomar decisiones sobre el mejoramiento de estas escuelas.

Se trabajará un enfoque mixto, ya que se utilizará método cuantitativo para realizar la evaluación de costos de cada escuela, pero de igual forma método cualitativo al describir las diferentes fallas que tienen los lugares a investigar.

3.2 Población

La población a trabajar son las escuelas del colegio José Eusebio Caro

3.3 Muestra

La muestra serán las escuelas del Milanés, Nuestra Señora de la Torcoroma y David Haddad Salcedo.

3.4 Recolección de la información

Para el presente proyecto se utilizarán técnicas de recolección de información como las siguientes:

En primer lugar, la observación indirecta mediante a diagnósticos estructurales ya realizados, para tener una guía, como además presupuestos sobre obras similares. Por otra parte se hará observación directa para determinar los tipos de fallas y sus dimensiones.

Para obtener los presupuestos se trabajara con construprecios para tener un promedio sobre los valores de los objetos a usar para el mejoramiento de obra.

3.5 Análisis de la información

Para presentar los resultados obtenidos del proyecto se deberá analizar todas las fallas de las escuelas a investigar y con ello realizar el diagnóstico correspondiente con el cual se pueda realizar el presupuesto para el mejoramiento.

Capítulo 4. Desarrollo del proyecto

4.1 Determinar tipos de fallas de la estructura y elementos que la componen para identificar los daños que se presentan.

El número de edificaciones nuevas que se construyen cada año son cada vez mayores. Cada año se agregan nuevas instalaciones para satisfacer las demandas sociales, como lo son centro de atención médica, recreación, habitacionales, y por supuesto instituciones educativas. Estas edificaciones como cualquier otro tipo de proyecto está expuesta a riesgos y fallas que van desde su diseño hasta su ejecución.

En este sentido es importante realizar un análisis previo y recopilación de información acerca de los errores y fallas cometidas en el proceso constructivo de antiguas edificaciones, para que estos datos sirvan de base informativa para profesionales de la ingeniería y la construcción, especialmente, para lograr una mejor comprensión de los hechos y tendencias recientes de fallas en la construcción.

Los edificios vienen en varios tipos y formas, frecuentemente determinado por sus funciones. Si bien existen multitud de formas de clasificar los edificios, para efectos de este análisis solo se analizarán fallas frecuentes en edificaciones de poca altura, que corresponden a la mayoría de las instituciones de educación de la ciudad de Ocaña. Así mismo, el término falla se refiere a dos condiciones de colapso y angustia. La falla se define como la incapacidad de una

instalación construida (en este caso, un edificio) o sus componentes para funcionar como se especifica en los requisitos de diseño y construcción.

El colapso de un edificio ocurre cuando la totalidad o una parte sustancial de una estructura se derrumban y la estructura pierde la capacidad de realizar su función. Dependiendo de la extensión del colapso, este término puede clasificarse en dos categorías, colapso total y colapso parcial. Un colapso total implica que varios miembros estructurales primarios se han caído, eliminando prácticamente la ocupación debajo de él.

Generalmente, un colapso total requiere el reemplazo total del edificio. Un colapso parcial sugiere una condición en la que algunos de los miembros estructurales primarios se han derrumbado, y por ende ponen en peligro la vida de quienes se encuentran dentro o cerca de la estructura. Puede ser necesario un reemplazo parcial en el caso de un colapso parcial.

El término angustia se refiere a la falta de servicio de una estructura o sus componentes que pueden o no resultar en un colapso. Además, la angustia es una condición particular de la estructura, que ha sufrido algunas deformaciones sin perder toda su integración estructural.

Las principales causas de fallas en los edificios suelen presentarse a causa de: deficiencias en el diseño, Inadecuados procesos constructivos, Deficiente mantenimiento, uso de materiales inadecuados y la inadecuada consideración de eventos externos. Las primeras cuatro deficiencias representan roles integrales en la construcción de un edificio. La deficiencia en el diseño

constituye errores, omisión o defectos conceptuales que pudieron haber ocurrido durante el proceso de diseño del edificio.

Cuando los componentes de construcción son prefabricados o prefabricados, la deficiencia de material originada por el fabricante puede contribuir a fallas en la construcción. Ejemplos de tales deficiencias son el uso de materiales defectuosos y de calidad inferior. Por otra parte, un edificio o sus componentes también pueden sufrir efectos externos, como el impacto de un vehículo o un entorno corrosivo. Las causas externas incluidas se limitan solo a los eventos que generalmente se encuentran en los códigos de diseño.

4.1.1 Causas y efectos de los defectos, daños y deterioros en estructuras.

Es importante identificar y evaluar correctamente los agentes o mecanismos particulares que está afectando al edificio antes de intentar realizar trabajos de reparación. Los efectos y consecuencias de estos agentes o mecanismos variarán, dependiendo de la construcción, ubicación, uso y condición del edificio afectado. A continuación se mencionan los mas frecuentes.

4.1.1.1 Acción atmosférica y climática.

Los elementos meteorológicos como la lluvia, temperatura, viento, nieve y sol, son aspectos característicos de una región o zona y se pueden predicen o pronostican para un período de tiempo específico, por ello dentro de los aspectos o medidas iniciales que deben ser

consideradas en el diseño de edificaciones, incluyendo los centros educativos, debe estar los aspecto climáticos y ambientales, como:

Exceso de humedad:El exceso de humedad, causado por la humedad ascendente y penetrante, la condensación, las fugas, los derrames o los procesos de construcción, es la causa más extendida y dañina de deterioro y deterioro que afecta a los edificios. Los efectos de los altos niveles de humedad en los materiales con los que se construyen los edificios pueden ser devastadores, ya que aumenta la susceptibilidad de la madera al ataque de hongos, se establecen las condiciones para la degradación química y biológica y se destruyen los acabados de las superficies.

Los cambios en el estilo de vida también han creado niveles más altos de humedad. El impulso por la eficiencia energética y el confort personal, con el mayor uso de productos aislantes, doble acristalamiento y protección contra corrientes de aire, el alejamiento de las chimeneas abiertas y el deseo de niveles más altos de calefacción de espacios, tienen un efecto en el clima interno. Las fuentes de humedad dentro de un edificio, como las causadas por la humedad ascendente y penetrante, la condensación, las fugas, los derrames, los defectos del edificio y diversas actividades de los ocupantes, deben equilibrarse con los sumideros de humedad a través del drenaje del suelo, la calefacción, la extracción y la ventilación natural o artificial.

Cuando las fuentes de humedad no se equilibran con los sumideros adecuados, existe la posibilidad de que la humedad quede atrapada dentro de la construcción y cause deterioro y

eventual descomposición. La humedad que no es eliminada por los fregaderos puede ser retenida por materiales porosos, como paredes de mampostería, vigas de gran tamaño, escombros acumulados y vacíos sin drenaje, para formar depósitos de humedad. Dichos depósitos pueden retener la humedad durante períodos prolongados, incluso después de que se hayan eliminado las fuentes, y contribuyen a problemas de descomposición a largo plazo.

Humedad ascendente: El agua se elevará dentro de una pared debido a la tensión superficial (capilaridad) entre ella y los capilares o poros de los materiales de construcción porosos, y la ósmosis natural que hace que el agua se mueva de soluciones de menor a mayor concentración de sal. El movimiento de la humedad depende, por tanto, del tamaño y distribución de los poros dentro del material de la pared, la presencia y concentración de sales solubles y, en teoría, el potencial eléctrico de la pared en relación con el suelo circundante.

La presencia de un exceso de humedad aumentará el riesgo de ataque de hongos a los rodapiés, las tablas del suelo y las vigas empotradas; causar interrupciones en las superficies internas de las paredes con manchas y daños en los acabados; y promover el riesgo de daño a las paredes externas a través de la cristalización de la sal. Los niveles elevados de vapor de humedad asociado dentro de un edificio también pueden provocar condensación superficial o intersticial.

Penetrante húmedo: El movimiento de la humedad absorbida en un material poroso dependerá de la severidad de las condiciones de exposición, del tiempo que esté sujeto a estas condiciones y de la estructura de poros internos del material. Si la humedad penetra en el espesor

de una pared y se manifiesta en las superficies internas, dependerá de la velocidad a la que se pierda por evaporación al aire exterior.

Condensación superficial e intersticial: El término "humedad" describe la concentración de vapor de agua en la atmósfera. Esto puede definirse como humedad absoluta, que es la masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire (kg / m^3), o humedad relativa, que es la relación entre la humedad del aire y la humedad que contendría si estuviera saturado en el misma temperatura y presión. La humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura del aire, por lo que una caída de temperatura aumentará el nivel de humedad relativa hasta un punto en el que el vapor se condensará (punto de rocío).

Cuando el aire se satura (100% HR), las gotas de agua se condensan en superficies frías, como vidrio, azulejos, pintura brillante impermeable y papel de vinilo. Esta es la condensación superficial. Cuando la temperatura del punto de rocío se alcanza dentro del espesor de la construcción, se formará condensación en ese punto.

Diariamente se generan altos niveles de vapor de agua al cocinar (2 a 4 litros), bañarse (0,5 a 1 litro), secar la ropa (3 a 7,5 litros) y el uso de calentadores de gas sin humo y de parafina (1 a 2 litros durante la noche), mientras que la humedad ascendente, la penetración de la lluvia, las fugas y los derrames también contribuyen a aumentar los niveles de humedad dentro del edificio. La ventilación natural puede reducirse mediante la instalación de doble acristalamiento y protección contra corrientes de aire, y el bloqueo de conductos de humos abiertos y ladrillos de aire.

4.1.1.2 Acción química, física y biológica.

Los materiales utilizados en la construcción, el acabado y el equipamiento de los edificios están sujetos a la acción incesante de factores químicos, físicos y biológicos que resultan tanto de su interacción con el entorno natural, como con otros materiales y sustancias que se encuentran dentro y alrededor del edificio.

A menudo, estos factores afectarán a materiales particulares de una manera consistente y predecible, como ocurre con la corrosión de metales ferrosos o la infección por hongos de la madera húmeda. En otros casos, cambios aparentemente inocentes en la construcción o el uso del edificio pueden desencadenar acciones imprevistas que requieren un diagnóstico detallado y, a menudo, costoso. En cualquier caso, es esencial que la causa o las causas del defecto se comprendan completamente antes de especificar e implementar la acción correctiva.

Muchas de las acciones químicas, físicas o biológicas que afectan a los edificios y materiales son, sin embargo, complejas y requieren conocimientos especializados para identificar correctamente la causa y el efecto.

Acción y cambio químico: Los elementos y compuestos químicos que componen los materiales utilizados en los edificios y sus alrededores están expuestos a la acción constante de las personas, los procesos y el medio ambiente. Muchas de estas interacciones involucran o resultan en reacciones químicas, donde los materiales experimentan algún tipo de cambio químico que resulta en la formación de nuevos compuestos.

Estas reacciones pueden ser reversibles, de modo que los productos pueden reaccionar para dar los reactivos originales, pero en general dicha reversibilidad es insignificante y la reacción se considera irreversible. Ejemplos de los tipos de acción química que pueden afectar adversamente a los materiales de construcción incluyen la corrosión de metales; ataque de sulfatos sobre morteros cementosos, revoques y hormigones; y la carbonatación del hormigón.

El conocimiento de las incompatibilidades entre los diferentes materiales y la posibilidad de dañar los que se utilizan para los acabados internos y el contenido también son extremadamente importantes y demuestran la necesidad de vigilancia al realizar inspecciones y estudios, y al especificar materiales nuevos o de reemplazo.

Corrosión de metales: La corrosión se produce debido a una reacción entre un metal y su entorno y, como tal, puede verse afectada por los niveles de contaminantes atmosféricos, las concentraciones de ácidos y sales, y la presencia o proximidad de metales diferentes y otros materiales. La oxidación directa de un metal ferroso es una reacción electroquímica que se produce en presencia de agua, oxígeno y un electrolito (líquido conductor de electricidad) o en aire con una humedad relativa superior al 50%.

En las áreas urbanas, el electrolito es comúnmente sulfato de hierro, que se forma como resultado del ataque del dióxido de azufre atmosférico, mientras que en las áreas marinas las partículas de sal transportadas por el aire son significativas.

La corrosión de los metales ferrosos conduce a la formación de óxido de hierro hidratado, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ o $\text{FeO}(\text{OH})$, dando la conocida capa de óxido de color marrón rojizo. Esto proporciona un nivel de protección, pero la capa de óxido tiende a desprenderse, exponiendo una mayor parte del metal a la corrosión. Dicha oxidación también da como resultado una expansión volumétrica del metal: el hierro forjado es capaz de expandirse hasta siete veces su volumen original. Esta expansión puede resultar en movimiento y daño a otros materiales (como el causado por los calambres de hierro corroídos en la mampostería o el refuerzo de la mampostería de hierro con aros).

Carbonatación del concreto: Una matriz de concreto es naturalmente alcalina debido a la presencia de hidróxido de calcio, y esta alcalinidad (pH de 12,5 a 13,5) confiere un nivel de protección química al refuerzo de acero incrustado. Donde los gases atmosféricos ácidos (como el dióxido de carbono, el dióxido de azufre y el trióxido de azufre) están en contacto con el concreto y entran en la matriz en solución a través de poros (permeabilidad), grietas y áreas dañadas, las reacciones entre el material alcalino y las soluciones ácidas dan como resultado una reducción de la alcalinidad conocida como carbonatación. El concreto carbonatado ofrece poca protección al metal incrustado y puede producirse corrosión. Esto, a su vez, provoca el agrietamiento y el desconchado del concreto, lo que permite que se produzca una mayor carbonatación.

Incompatibilidades entre diferentes materiales: Ciertos materiales utilizados en la construcción y el acabado de edificios tienen el potencial de reaccionar cuando entran en contacto entre sí. Ejemplos de tal incompatibilidad incluyen los efectos corrosivos de la

escorrenría alcalina del cemento húmedo, mortero y yeso, o la escorrenría del agua de lluvia de los techos revestidos de cobre o de las tuberías de cobre, sobre los revestimientos de techos de aluminio y zinc.

Acción química en ambientes internos: Las reacciones químicas también pueden tener lugar dentro de los edificios, donde los materiales utilizados en acabados, muebles y enseres están expuestos a altos niveles de gases atmosféricos y contaminantes. El dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y el ozono pueden, por ejemplo, tener efectos graves sobre determinados materiales.

Los contaminantes internos, a menudo producidos por el uso diario de un edificio, también son potencialmente dañinos: las partículas alcalinas de cemento y yeso liberadas durante las obras de construcción, pero el hollín y el humo de los fuegos abiertos también pueden manchar materiales porosos como como el mármol y la piedra. Los acabados y objetos valiosos (como superficies doradas) deben, por este motivo, retirarse o protegerse antes de las obras que puedan causar altos niveles de polvo y contaminación. Las posibles reacciones potenciales incluyen:

- Las emisiones de cloruro volátil, como las emitidas por diversos plásticos y sales inorgánicas retardantes del fuego, afectarán los artefactos a base de cobre y hierro.
- Los ácidos orgánicos volátiles (principalmente acético y fórmico), como los emitidos por maderas y compuestos de madera (tableros de fibra de densidad media, contrachapados, tableros de bloques, aglomerados), pinturas domésticas,

adhesivos, barnices, revestimientos de superficies y ciertos textiles, afectarán al cobre y al plomo. y atacar emulsiones fotográficas

- El formaldehído emitido por ciertos adhesivos (es decir, que contienen urea o fenol formaldehído), compuestos de madera, cartón, espumas, pinturas y ciertos tejidos afectará a los metales y materiales orgánicos.
- Los sulfuros de hidrógeno y carbonilo, como los emitidos por la lana, el fieltro, ciertos tejidos, algunos adhesivos de caucho y eliminadores de corrientes de aire, empañarán el cobre y la plata.

4.1.1.3 Acción física.

Además del cambio químico, los materiales también pueden verse afectados por el calor, la humedad, la cristalización de sales solubles, la luz, el sonido, la electricidad y el magnetismo. Estos pueden causar cambios físicos que no dan como resultado la formación de nuevos compuestos, sino que alteran el carácter físico y el rendimiento del material afectado mientras persista el cambio. Las acciones físicas más comunes se indican a continuación.

Movimiento térmico: Los materiales expuestos a condiciones térmicas variables sufrirán cambios dimensionales como resultado de la vibración y el movimiento de sus átomos y moléculas. El alcance de este movimiento está relacionado con la fuerza y el carácter del enlace entre estos átomos o moléculas y con el aumento o la disminución de la temperatura. La medición del movimiento en un material en particular se conoce como su coeficiente de

expansión térmica. A menos que estén restringidos, la mayoría de los materiales se contraerán en respuesta a una disminución de la temperatura.

Donde los materiales están expuestos a ciclos de altas y bajas temperaturas, como se experimenta durante el transcurso del día (diurno), entre el día y la noche, y entre el verano y el invierno (estacional), el material experimentará los correspondientes ciclos de expansión y contracción. En un material homogéneo (en particular piedra), tal movimiento cíclico entre la superficie y el cuerpo del material puede conducir a un fallo por cizallamiento y al desprendimiento de la capa superficial.

Cuando se unen o aseguran materiales con coeficientes diferentes, la expansión y contracción diferencial provocará que la unión o el elemento más débil de los dos materiales fallen. De manera similar, las tensiones internas que se generan dentro de un material que no puede expandirse o contraerse debido al uso de fijaciones inapropiadas u otras formas de restricción harán que se agriete o distorsione.

Movimiento de humedad: La absorción de agua en materiales porosos ocurre debido a un enlace químico / físico débil entre la superficie del material y las moléculas libres de agua. Esta absorción generalmente causa un aumento en el volumen del material. Por el contrario, una pérdida de humedad tiende a conducir a una disminución del volumen y la correspondiente contracción. La mampostería porosa, como el ladrillo y la piedra, puede sufrir movimientos tanto térmicos como relacionados con la humedad y, por lo tanto, ser particularmente susceptible al deterioro y la descomposición.

Los materiales que requieren la adición de humedad durante su fabricación, como morteros, revoques y yesos, se contraerán durante el fraguado y responderán poco a humedecimientos posteriores. Otros materiales, como la madera no curada, sufrirán una expansión y contracción continuas debido a los cambios en el contenido de humedad de equilibrio. La humedad absorbida en un material poroso puede llevar consigo contaminantes que pueden formar compuestos químicos que conducen a tasas variables de expansión irreversible. Un ejemplo de esto son las fuerzas expansivas que actúan sobre el concreto y los productos a base de cemento bajo la acción de los sulfatos.

Cristalización de sales solubles: Cuando hay sales disueltas dentro de un material poroso, la evaporación del solvente tenderá a concentrar las sales en la superficie, donde cristalizarán y formarán el depósito blanco conocido como eflorescencia. Los ladrillos de arcilla contienen típicamente sulfatos de calcio, sodio, potasio, magnesio y hierro, mientras que la contaminación del agua subterránea y otras fuentes también puede introducir carbonatos, nitratos y cloruros. La eflorescencia es bastante común en los ladrillos nuevos, ya que la humedad se absorbe y se libera por evaporación. Sin embargo, la eflorescencia persistente puede indicar la presencia de exceso de humedad debido a detalles o mano de obra defectuosos.

Cuando los cristales de sal se forman dentro de los poros del material, en lugar de en la superficie, la presión resultante puede generar tensiones internas que provoquen la falla y la desintegración de la capa superficial. Esto a veces se conoce como sub ocripto-eflorescencia. Ciertas sales (como el cloruro de sodio y el nitrato de sodio) también son higroscópicas, lo que significa que tienen la capacidad de atraer la humedad de la atmósfera. Esto aumentará el

contenido de humedad del material contaminado y puede malinterpretarse como, por ejemplo, humedad penetrante. Otras sales (particularmente las de calcio) atraen la humedad hasta el punto de que se disuelven en humedades elevadas (delicuescencia), dejando la superficie de una pared visiblemente húmeda.

4.1.1.4 Acción biológica.

Plantas: Los árboles y otras formas de vegetación pueden afectar a los edificios, ya sea por la acción de sus raíces sobre cimientos y servicios subterráneos (particularmente desagües) o por contacto directo de ramas y raíces trepadoras con las paredes y cubiertas de techos. Las plantas trepadoras y enredaderas, pueden causar un daño particular por la acción de sus raíces aéreas, chupones y zarcillos, y por la secreción de sustancias ácidas.

Las condiciones del suelo también pueden verse afectadas por la cantidad de agua absorbida por árboles y plantas. Los suelos arcillosos son particularmente susceptibles a los niveles de humedad fluctuantes, con la contracción y la hinchazón que a menudo provocan un movimiento sustancial del suelo y el hundimiento de edificios asociados. Los árboles, arbustos y plantas trepadoras pueden causar obstrucciones en canalones y bajantes, desprender pizarras y tejas, dar sombra a partes de edificios y restringir la evaporación de la humedad de las superficies de las paredes.

Hongos: Los ataques de hongos en los edificios comienzan con las esporas del hongo que aterrizan en las superficies de madera. Si la madera está húmeda, estas esporas germinan y

envían hilos de hifas (rizomorfos) para formar el micelio, que se alimenta de la materia orgánica de la madera provocando su descomposición. Dentro del micelio se desarrollará un esporóforo o cuerpo fructífero reproductivo en tiempo y liberan más esporas que, al viajar por las corrientes de aire, propagan la infección a otras maderas susceptibles.

Los hongos que afectan las maderas dentro y alrededor de los edificios se denominan comúnmente pudriciones "secas" o "húmedas". Esta terminología es confusa, ya que todos estos hongos requieren que la madera tenga un contenido de humedad superior al 20%. Los hongos que pudren la madera se pueden designar además como podredumbres 'marrones' o 'blancas': el primero consume solo la celulosa de color pálido, lo que hace que la madera afectada se oscurezca, mientras que el segundo consume celulosa y lignina, dando una apariencia blanqueada a la madera afectada.

En todos los casos de ataque de hongos, es importante hacer una identificación correcta del hongo para que se puedan tomar las medidas correctoras adecuadas. Es particularmente importante hacer una distinción clara entre el verdadero hongo de pudrición seca, *Serpulalacrymans*, y otros hongos que pudren la madera, ya que puede propagarse enviando hebras en busca de más madera y causar daños importantes a las maderas estructurales.

Líquenes, musgos, algas y mohos: Los líquenes, musgos y otros crecimientos biológicos colonizan superficies exteriores adecuadas donde pueden alimentarse de sales minerales y, como tales, pueden proporcionar una apariencia atractiva a los revestimientos de techos y paredes. Sin embargo, su presencia puede ser perjudicial para el material en el que están presentes: los

productos metabólicos ácidos pueden dañar materiales como la piedra caliza, su acción sobre la superficie del material puede cambiar la porosidad y la permeabilidad del material y, por lo tanto, causar microfisuras y la erosión de la superficie.

Los musgos pueden desprenderse y causar obstrucciones en canalones y bajantes. Las algas también pueden aparecer en situaciones de humedad, y estas pueden causar manchas en las superficies afectadas. Los mohos germinan en superficies internas húmedas donde existe una fuente de materia orgánica para sustentar su crecimiento. Pueden aparecer como manchas o puntos distintos en las superficies afectadas, y pueden ser específicos de ciertos procesos (como los que se realizan en panaderías, cervecerías y malterías). Las medidas correctivas incluyen el uso de lavados y pinturas fungicidas, ventilación, deshumidificación, aislamiento y calefacción.

Aves y alimañas: Las aves, como las palomas y otras especies, son capaces de causar daños indirectos a los edificios al desprender las cubiertas de los techos, bloquear los sistemas de eliminación de agua de lluvia con material de anidación y ensuciar las superficies de las paredes. También pueden representar una molestia a través de su llamado, actividades de anidación y búsqueda de comida. Las aves y sus nidos también pueden portar pulgas, ácaros y otros insectos parásitos.

4.1.1.5 Movimiento.

El movimiento de los edificios se produce tanto a nivel molecular, provocado por la respuesta de los materiales a estímulos como la temperatura y la humedad, como a nivel general

por la carga impuesta por el edificio sobre el suelo (asentamiento) o algún factor externo que afecte las cualidades de carga del suelo (hundimiento). La identificación correcta de las causas subyacentes del movimiento de edificios es esencial si se van a emprender las acciones correctivas adecuadas.

Condiciones del terreno: La interacción entre un edificio y su sitio, y en particular el terreno sobre el que se encuentra, es de suma importancia debido a la variabilidad de las condiciones del terreno y a varios factores que pueden causar movimiento e inestabilidad. Si bien los cimientos de los nuevos edificios están diseñados específicamente para tener en cuenta estos problemas, los de los edificios existentes a menudo son inadecuados para los estándares actuales y susceptibles a los cambios provocados por mayores cargas y cambios en el uso del sitio. Por lo tanto, es esencial que se considere el sitio y las condiciones del terreno como parte de una inspección o estudio, combinando tanto la investigación de antecedentes como la investigación del sitio. Los factores que deben tenerse en cuenta incluyen:

- Fallas geológicas (por ejemplo, zonas de terremotos)
- Tipos de suelo (por ejemplo, aluvial, arcilla retráctil, arenosa, limosa)
- Terreno inclinado
- Inestabilidad de la tierra
- Areas de relleno
- Vegetación (por ejemplo, árboles, arbustos)
- Acequias y cursos de agua (es decir, pasado y presente)

- Agua subterránea (por ejemplo, nivel del nivel freático, presencia de corrientes subterráneas)
- Minas y cavidades naturales (p. ej., agujeros para tragar causados por la erosión localizada de tiza o piedra caliza)
- Trabajos subterráneos anteriores o existentes.
- Estructuras bajo tierra tierra contaminada (por ejemplo, sulfatos)
- Riesgo de vibraciones por tráfico y maquinaria

Asentamiento: El asentamiento es un movimiento dentro de una estructura debido a la distribución o redistribución de cargas y tensiones dentro de los diversos elementos de construcción. Esto ocurre normalmente en las primeras etapas de la vida de un edificio y puede estar asociado con la compactación o el movimiento del suelo debajo de los cimientos debido al peso propio del edificio.

El asentamiento diferencial puede ocurrir cuando una estructura se cimenta en diferentes condiciones del terreno o sobre "arcenes", como partes de sótanos, o tiene cimientos que imponen cargas desiguales como podría ocurrir con extensiones, bahías salientes o pórticos.

Hundimiento: El hundimiento es el movimiento hacia abajo de los cimientos de un edificio causado por la pérdida de soporte del sitio debajo de los cimientos. Suele estar asociado a cambios volumétricos en el subsuelo (compresión de turba, reactivación de relleno, retracción en suelos arcillosos), provocados como resultado directo de algún factor externo (minería, extracción, cambio en los niveles de agua subterránea por extracción o drenaje de tierras, erosión

de partículas finas debido a fugas de desagües o arroyos subterráneos, influencia de árboles en suelos contraíbles). Al igual que con el asentamiento, el hundimiento diferencial puede ocurrir como resultado de las condiciones variables del suelo.

Deslizamiento: El deslizamiento de tierra es el movimiento repentino del suelo en una pendiente, o el deslizamiento gradual de una pendiente durante un período de tiempo. Los suelos arcillosos de las laderas, por ejemplo, a menudo exhibirán un arrastre cuesta abajo asociado con los cambios estacionales en el contenido de humedad.

Fallos de cimientos: El movimiento del edificio también puede ocurrir como resultado de la falla de sus cimientos. Esto puede ser causado por cambios en las condiciones del terreno que afectan las zapatas tempranas, fallas de los arcos de los cimientos, deterioro de los pilotes de madera o ataque químico a los cimientos de concreto. Tales fallas pueden desarrollarse durante largos períodos de tiempo y estar asociadas con otras causas de movimiento.

4.1.1.6 Fuego.

El fuego es una reacción de oxidación que requiere combustible, oxígeno y una fuente de ignición, que se acompaña de calor, luz y sonido. Un incendio comienza con la ignición piloto o espontánea de los gases emitidos por un material calentado cuando estos están a la temperatura de ignición. Las llamas que también acompañan a un incendio se forman por la combustión de gases o vapores que desprende el material; donde no se producen vapores, el material puede simplemente arder, pero sin llamas.

El riesgo de incendio ha sido un factor particularmente significativo en el diseño y construcción de edificios a lo largo de la historia, tanto con el uso de materiales incombustibles como con la introducción de formas de construcción resistentes al fuego. Los requisitos de la normativa actual para mejorar la protección, la extinción de incendios y los medios de escape, y los enfoques adoptados por los diseñadores para reducir la incidencia y los efectos del fuego mediante la mejora

Daño por fuego: El daño causado por un incendio en un edificio se debe tanto a la quema directa de materiales combustibles como a los efectos indirectos del calor y el humo. Por lo general, el uso de agua para extinguir un incendio causa más daños, incluida la formación de depósitos de humedad, y el grave riesgo de descomposición fúngica en el futuro después de la remodelación.

Los materiales de construcción variarán en su respuesta al fuego en función de su composición, la forma en que han sido preparados o fabricados, cómo y dónde se han utilizado en el edificio y qué acabados o tratamientos se han aplicado. El concreto, por ejemplo, es virtualmente incombustible (dependiendo de la naturaleza del agregado utilizado), mientras que el acero requiere protección (a menudo proporcionada por el concreto) para evitar que se deforme y pandee cuando se calienta bajo carga.

El mobiliario y el contenido dentro de un edificio suelen ser muy combustibles y proporcionan el combustible necesario en las etapas iniciales de un incendio. Por lo tanto, los

efectos del fuego sobre elementos o componentes individuales de un edificio, y sobre el edificio en su conjunto, pueden resumirse de la siguiente manera:

- Pérdida de resistencia debido a la descomposición del material
- Pérdida de estabilidad causada por exceso de carga
- Falla de los miembros de la estructura o juntas y pérdida de rigidez
- Cambios en las trayectorias de carga y pérdida de equilibrio
- Refuerzo y rigidez inadecuados
- Robustez inadecuada para el propósito
- Expansión y posterior deformación y agrietamiento

4.1.1.7 Factores humanos.

Las actividades y el comportamiento de los seres humanos, ya sea en el momento del diseño y la construcción o más tarde durante la ocupación y el uso, tendrán un efecto significativo en el bienestar de los edificios. A lo largo de su vida, un edificio a menudo estará expuesto a condiciones duras y a menudo agresivas, ya sea por acción directa o negligencia, que erosionarán sus materiales, desgastarán sus servicios y reducirán su utilidad para futuros propietarios / usuarios.

Las actitudes hacia la reparación y el mantenimiento, particularmente de los propietarios ocupantes, a menudo son perjudiciales para el bienestar de una propiedad. El trabajo se realiza típicamente sobre una base ad hoc, reaccionando a los daños y la descomposición en lugar de

planificar el trabajo de manera proactiva en anticipación al fracaso. Los propietarios, ocupantes y visitantes se mueven dentro y alrededor de los edificios, sometidos a patrones de desgaste a menudo implacable, mientras que los encargados de cuidar el edificio (limpieza, mantenimiento, reparación) provocan una mayor, aunque bien intencionada, erosión y cambio.

Los usos a los que se destinan los edificios también pueden imponer presiones sustanciales por medio de cargas excesivas, vibraciones, condiciones ambientales adversas y cambios físicos que comprometen la base estructural o material sobre la que se diseñó y construyó el edificio. Además, están las acciones de aquellos que se determina que causan daño u ofensa deliberadamente a través de incendio premeditado, vandalismo, graffiti y terrorismo que deben ser considerados. El riesgo de una acción tan impredecible hace que sea aún más difícil de evitar y / o controlar. Por tanto, puede verse que los factores humanos deben tenerse en cuenta tanto durante una inspección o reconocimiento como, más tarde, al proponer medidas correctivas. En el caso de tal acción, es posible que deban considerarse factores adicionales como:

Diseño y especificación de material inherentemente deficientes

- Incapacidad para comprender y apreciar los materiales de construcción y sus limitaciones
- Incapacidad para comprender y apreciar los métodos de construcción
- Incapacidad para comprender los principios estructurales básicos
- Incapacidad para comprender el propósito de las decisiones de diseño
- No permitir el acceso de mantenimiento
- Uso de materiales de mala calidad

Mano de obra y supervisión deficientes

- Estándares de construcción de mala calidad
- Prácticas inapropiadas del sitio
- Supervisión inadecuada
- Preparación inadecuada
- Protección inadecuada contra el sol y la lluvia
- Instalaciones de almacenamiento inadecuadas
- Almacenamiento y manipulación inadecuados de material
- Falla en las comunicaciones entre asesor, contratista y subcontratistas

Alteraciones y adaptaciones inapropiadas

- Mal uso y sobrecarga
- Cambios de uso poco comprensivos
- Intervenciones inapropiadas
- Desgaste general y específico
- Impacto y vibración

Uso inadecuado y cuidados posteriores

- No realizar el mantenimiento y las reparaciones de rutina
- Diseño y especificación de material inapropiados para mantenimiento y reparaciones.
- Actividades inesperadas del usuario
- Rutinas de limpieza inapropiadas
- Degradación ambiental (basura, graffiti, daños por vandalismo, excrementos)

4.2 Realizar un diagnóstico estructural que permita categorizar el tipo de daño presentado en cada estructura y dar solución a los problemas presentados según los requisitos de la NSR-10.

El diagnóstico estructural que contempla realizado en las Sedes Educativas Adolfo Milanés, David Haddad Salcedo y Nuestra Señora de la Torcoroma, contempla inicialmente una identificación de las patologías encontradas en las tres escuelas, con sus respectivas fallas, esto se realizara mediante una inspección visual detallada realizada en las visitas de campo a las instituciones; posteriormente se realiza un diagnóstico estructural que nos permita categorizar el tipo de daño (deterioros, nivel de daño, soluciones de rehabilitación o mejoramiento), esto se realizara mediante un instrumento de medición diseñado para tal propósito.

4.2.1 Patologías estructurales identificadas en las instituciones educativas.

Las visitas a las Sedes Educativas Adolfo Milanés, David Haddad Salcedo y Nuestra Señora de la Torcoroma en las que se efectuó la inspección patológica de la edificación, se realizó mediante un instrumento metodológico que para este caso fue un formato de campo o tabla de inspección en la cual se pueden evaluar todas las patologías y el estado actual de las estructuras.

4.2.1.1 Patologías estructurales identificadas en la escuela Adolfo Milanés.

Terreno: La edificación fue inaugurada en 1943 y cuenta con más de 70 años de antigüedad, en estos años se han presentado algunos asentamientos diferenciales que ya son perceptibles, como se aprecia en la figura 5(a),5(b), 5(c).

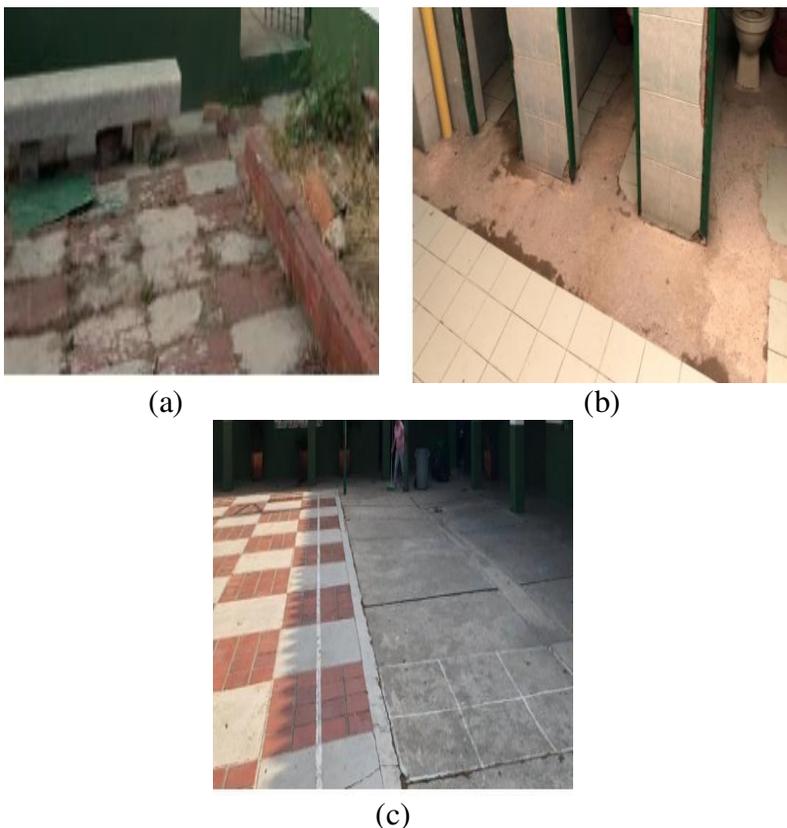


Figura 5 Estado de los pisos. (a) Pisos patio 2, (b) Pisos baños, (c) Pisos patio 1. Fuente:Autores, 2020.

El asentamiento apenas es perceptible en algunos elementos de mampostería, se asume que este aspecto puede presentarse debido al desarrollo de inadecuados procesos constructivos durante su construcción, o también puede ser resultado del suelo de cimentación, el cual consiste en rocas sedimentarias poco consolidadas de la formación algodonal, altamente meteorizadas, otro aspecto adicional es que este terreno no cuenta con riesgo de amenazas de erosión, deslizamiento ni inundaciones.

Sistema estructural:La edificación tiene dos fases fácilmente reconocibles que determinan las dos fases de construcción a las que se vio sometida esta institución educativa. En la primera fase que es referente a una estructura de tierra que en este caso es tapia pisada que constituya más del 80% de la institución, el cual es un conglomerado apisonado de tierra y áridos ejecutado entre encofrados o tapias, que en ese entonces era lo usado para construir cualquier tipo de edificación.

El sistema estructural correspondiente a la segunda es un sistema correspondiente a pórticos conformados por columnas que sostienen como soportes de madera para sostener el techo o cubierta de la institución, esta es una pequeña parte de la institución que se realizó hace poco años, además de esto, cuenta con un sistema de pórticos utilizados para sostener un voladizo que hace parte del techo que está en perfecto estado, los elementos estructurales están conformados en una parte por ladrillo de arcilla y en otra parte por bloque N°5, ambos, unidos entre sí con mortero de cemento.

Columnas:El estado en el que se encuentran estas columnas de concreto es óptimo, no se aprecian grietas o fisuras en su superficie, ni oquedades o algún tipo de área porosa, como se aprecia en la figura 6. Tienen 9 años de estar construidas y a la fecha no se aprecia pérdidas de pérdida de material, grietas ni discontinuidades en ninguna de ellas.



Figura 6 Estado de las columnas. Fuente: Autores, 2020

Muros: Los muros de la institución educativa Adolfo Milanés, se encuentran en un buen estado, pese a que son muros de tapia pisada de 30 cm, están muy bien conservados, sin grietas y sin humedades, como se aprecia en la figura 7(a), 7(b) y 7(c), solo se ve descuido en los muros de la parte de los baños, por falta de mantenimiento.



(a)



(b)



(c)

Figura 7 Estado de los muros, (a) Muros interiores, (b) Muros exteriores, (c) Muro fachada. Fuente: Autores, 2020

Cubierta: La cubierta de la institución es de teja con cerchas de maderas, las cuales a partir de la inspección visual realizada, como se aprecia en la figura 8(a), 8 (b) y 8(c), se estableció que se encuentran en un buen estado y bien conservadas. Las cerchas de madera se encuentran sostenidas por los muros de tapia pisada en su gran mayoría, pero en la parte del patio está sostenida por columnas de concreto.

El principal problema referentes a la cubierta es con respecto a la manejo de las aguas lluvias, puesto que no hay canales ni bajantes para desalojar el agua que se precipita en la zona. No hay una forma de canalizar el agua para conducirla y evacuarla de forma controlada. Por lo que frecuentemente los muros, columnas y demás componentes de la estructura se exponen a que el agua lluvia se filtre por estos elementos y genere humedades y desprendimiento de material.

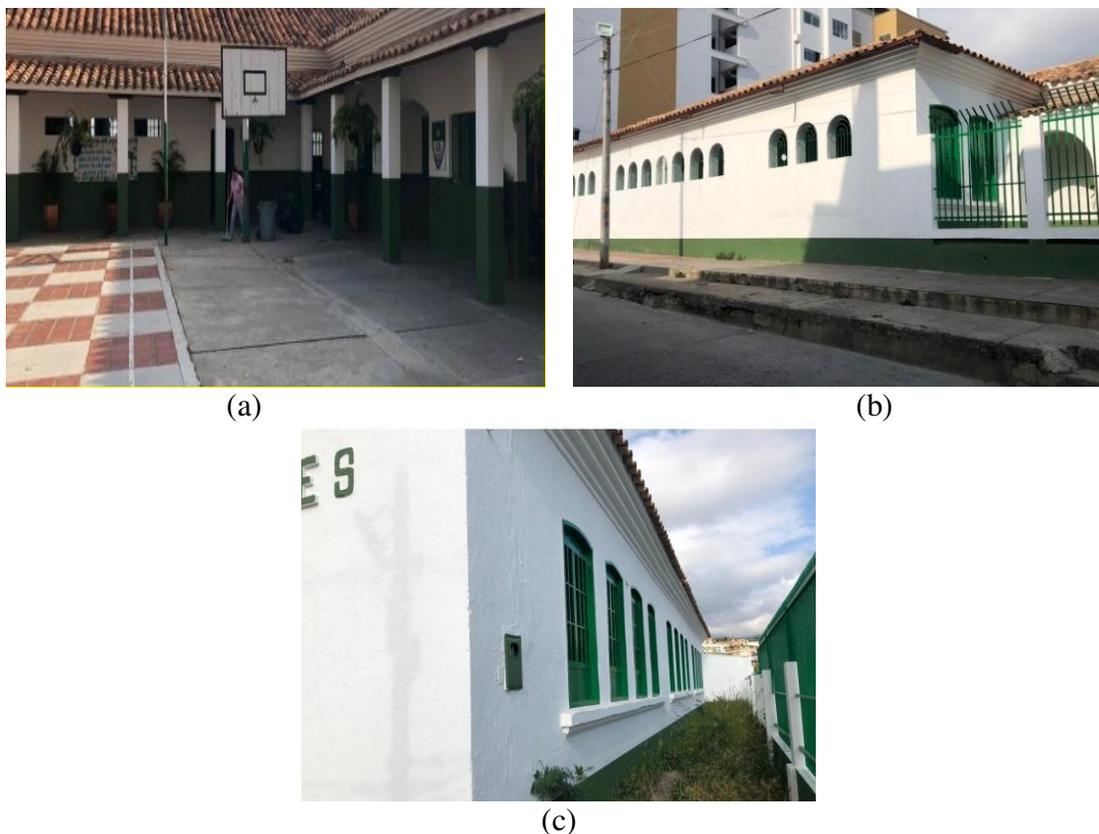


Figura 8 Estado de la cubierta. (a) Cubierta interior, (b) Cubierta Exterior, (c) Cubierta lateral.

Fuente: Autores, 2020

4.2.1.2 Patologías estructurales identificadas en la escuela DavidHaddad Salcedo.

Terreno: La edificación fue inaugurada en 1974 y cuenta con 47 años de antigüedad, el estado del suelo de esta institución no indica ninguna falla a simple vista. Esta escuela se encuentra en un terreno de rocas sedimentarias poco consolidadas de la formación algodonal, altamente meteorizadas, además este terreno no cuenta con riesgo de amenazas de erosión, deslizamiento ni inundaciones.

Sistema estructural: La institución educativa tiene dos fases fácilmente reconocibles que determinan las dos fases de construcción a las que se vio sometida esta institución educativa. En la primera fase que es referente a una estructura de tierra que en este caso es tapia pisada que constituya más del 70% de la institución, el cual es un conglomerado apisonado de tierra y áridos ejecutado entre encofrados o tapias, que en ese entonces era lo usado para construir cualquier tipo de edificación.. La segunda fase, son cuatro salones que cuentan con un sistema de pórticos, conformados por columnas y una placa maciza de 25 cm, las cuales tienen una distribución que no cumple con lo escrito en la norma. Algo extraño en el sistema estructural es que los muros de tapia pisada están soportando una estructura que consta de una losa maciza y unos cuartos apoyados en esta estructura sin ningún cimiento ni apoyo adicional, es una estructura que no cumple con lo escrito en la NSR-10.

Columnas: El estado en el que se encuentran estas columnas es deficiente debido a que a pesar de tener poco tiempo de ser realizadas éstas tiene un mal proceso constructivo y ya cuentas con algunas fallas, como se aprecia en la figura 9. Esto se puede contrastar con el ensayo de esclerómetro realizado, el cual se menciona en el inciso 4.2.2.2, en el cual se determinó que la resistencia promedio de las columnas fue de 14.23 MPa.



Figura 9 Estado de las columnas. Fuente: Autores, 2020

Como se puede observar en las imágenes las columnas no cuentan con un buen vibrado a la hora de ser fundidas y debido a esto es visible vacíos sin concreto y porosidades, en varios casos se alcanza a observar el acero de refuerzo; el proceso de vibrado al realizar este tipo de construcciones es de vital importancia debido a que aumenta la resistencia y durabilidad del concreto, y como se mencionó anteriormente la resistencia promedio mediante el ensayo de esclerómetro no alcanzo los 21 Mpa.

Otra anomalía que tiene esta institución es que hace dos años, el vigilante de la escuela tomó posesión de varios salones y en uno de ellos realizó una losa sin ningún tipo de cimentación y pocas columnas, que a simple vista la configuración estructural y dimensiones no se encuentran capacitadas para soportar la carga viva y muerta sobre ellas, debido a que están soportadas en su mayoría por muros de tapia pisada, como se aprecia en la figura 10.



Figura10 Muros de tapia soportando la losa. Autores, 2020

Como se ve en las imágenes la losa está completamente soportada por los muros de tapia pisada, a simple vista sólo se observa esta pequeña columna que no alcanza a soportar la estructura, en cambio los muros están soportando la mayoría de la losa; esto es un riesgo debido a que como no se realizó un diseño estructural, no se cuenta con la seguridad que los muros soporten la estructura, en caso de un evento sísmico, o simplemente por exceso de carga vertical, esta estructura puede colapsar en cualquier momento, la resistencia que tienen los muros pueden ser menor a las fuerzas aplicadas por los elementos sobre la losa y el mismo peso de esta .

Muros: Los muros de la institución educativa DavidHaddad Salcedo, se encuentran en un estado favorable, sin embargo, se observan algunas humedades que potencialmente podrían derivar en daño mayor que termine por debilitar el muro y hacerlos colapsar, como se muestra en las figura 11 (a), 11(b) y 11(c).

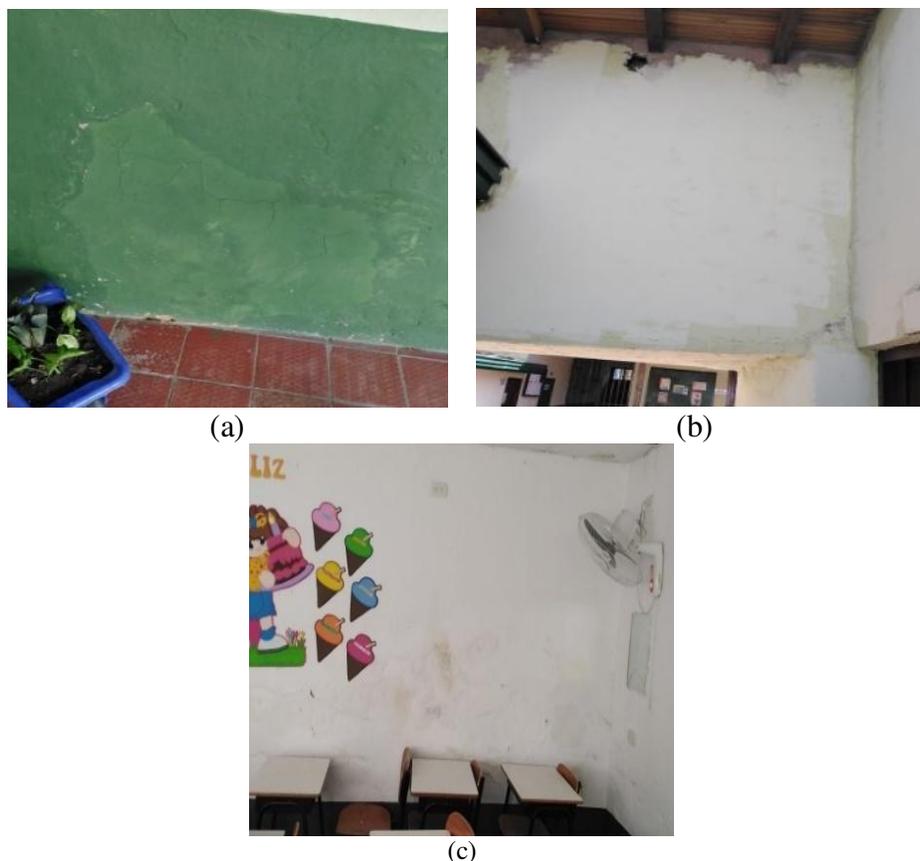


Figura 11 Estado de los muros. (a) Muros del patio, (b) Muros Superiores, (c) Muros en Salones.
Fuente: Autores, 2020

Como se observa en la figura 11(b), los muros han sido reparados en varios lugares de la institución debido a que por el tiempo han sufrido fallas y desprendimiento de material que han tratado de arreglar con mezclas básicas de concreto y mortero para cubrir los desperfectos ocasionados por el mal uso de la estructura. Adicionalmente existe una humedad en el muro de uno de los salones, esto se debe a que en la parte posterior existe un patio y todas las aguas caen sobre el muro.

Cubierta: Esta cubierta es la más antigua de las instituciones y es la que está en peor estado, como se observa en la figura 12, la madera utilizada como cerchas tiene un alto grado de descomposición y tiene una curvatura debido a que ya no tiene la misma resistencia que al

comienzo, todo esto debido a que no tuvieron un mantenimiento y al pasar el tiempo la madera fue afectada por insectos dañinos como la termita y el comején, lo cual ha afectado considerablemente la integralidad de la estructura.



Figura 12 Estado de la cubierta. (a) Cubierta exterior, (b) Cubierta interior.
Fuente: Autores, 2020

4.2.1.3 Patologías estructurales identificadas en la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.

Terreno: La edificación fue inaugurada en el año 1975 y cuenta con 46 años de antigüedad. Debido a la presencia de un talud de tierra no controlado, y sin un adecuado sistema de drenado, el suelo de la institución presenta humedad, que se refleja en empozamientos de agua, también suele presentarse que cuando hay largos periodos de lluvia, el agua de escorrentía descienda por la pendiente del talud e ingrese al interior de la escuela. El suelo sobre el cual se cimiento la institución corresponde a rocas ígneas del complejo intrusivo-extrusivo en su mayoría, en estado de saprolito, donde la probabilidad de erosión y deslizamiento es alta. Al interior de la institución el terreno no tiene ninguna afectación a valorar solo el mal estado en el que se encuentre, como se aprecia en la figura 13.



(a) (b)
 Figura 13 Estado de los pisos. Fuente: Autores, 2020

Sistema estructural: La edificación tiene dos fases fácilmente reconocibles que determinan las dos fases de construcción a las que se vio sometida esta institución educativa, la primera cuenta con un sistema estructural realizado solo con mampostería en este caso ladrillo a la vista los cuales están unidos con mortero de cemento, sin ninguna columna que pueda servir de apoyo para cargas de compresión o flexión, solo tiene una viga de amarre que cubre solo una parte de la estructura, mas no toda, de igual manera este sistema estructural no está regido por la Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR-10) y la estructura tendría que ser desalojada de inmediato. La segunda fase, son dos salones pequeños que cuentan con un sistema de pórticos, conformados por vigas y columnas que sostienen unos tanques de agua que son para distribución en la escuela.

Columnas: En el caso de las columnas en la institución, aun cuando estas parecían estar construidas y dar soporte a los muros, en realidad dichos elementos son inexistentes. Y solo están representados por mortero sobre los muros de mampostería, como se indica en la figura 14.



Figura 14 Columnas dibujadas y demarcadas sobre el muro.

Fuente: Autores, 2020

En la segunda fase de la construcción de la institución, como se indica en la figura 15, se observan columnas con acero de refuerzo expuesto, y desprendimiento de material. Situación que podría ver comprometido seriamente la integridad de la estructura.



Figura 15 Estado de las columnas en la segunda fase de la edificación.

Fuente: Autores, 2020

Vigas: Al realizar la inspección visual de la Escuela Nuestra Señora de la Torcoroma se encontraron vigas con fisuras considerables, oquedades, desprendimiento de material como se muestra en la figura 16, al igual que en los demás elementos estructurales



(a)

(b)

Figura 16 Estado de las vigas. Fuente: Autores, 2020

En la figura 17 se observa el estado de la totalidad de las vigas que forman el sistema estructural de la institución. El estado de deterioro de las vigas es muy avanzado, se observa en toda la estructura de la institución daños a gran escala, cuando ocurre una mala distribución de los compuestos de concreto, o también una consecuencia característica de un mal vibrado en el concreto, adicionalmente en algunos casos hay discontinuidades evidentes en el sistema de pórticos, o en definitiva hay ausencia de vigas corona. A estos aspectos se suman los inadecuados procesos constructivos, el mantenimiento insuficiente que se aplica a la estructura, y la presencia de agentes ambientales y el alto porcentaje de humedad que aporta el suelo.



(a) (b)
 Figura 17 Discontinuidad de las vigas. Fuente: Autores, 2020

Estos desperfectos patológicos pueden implicar que la estructura tenga problemas, puesto que puede ocasionar una falla en la estructura ante una sobrecarga, un evento sísmico o simplemente fallar por la acción de la gravedad y su uso.

Muros: Al realizar el análisis de la mampostería de la escuela, el panorama es el mismo respecto a los demás elementos, como se aprecia en la figura 18(a), 18(b) y 18(c), hay fallas de tipo cortante, que requieren una intervención inmediata debido a que en cualquier momento la estructura puede colapsar, lo que representa un peligro para todas las personas que realizan sus actividades en él. Además que los muros son los que funcionan como sistema estructural y cargan con todo el peso de la cubierta, este muestra pérdida de material en todas sus brechas y paredes abiertas. En la institución conviven cerca de 250 niños, con maestros y personal de trabajo de la institución, a los cuales se les debe garantizar una seguridad permanente, por lo cual es necesario plantear una medida de intervención.

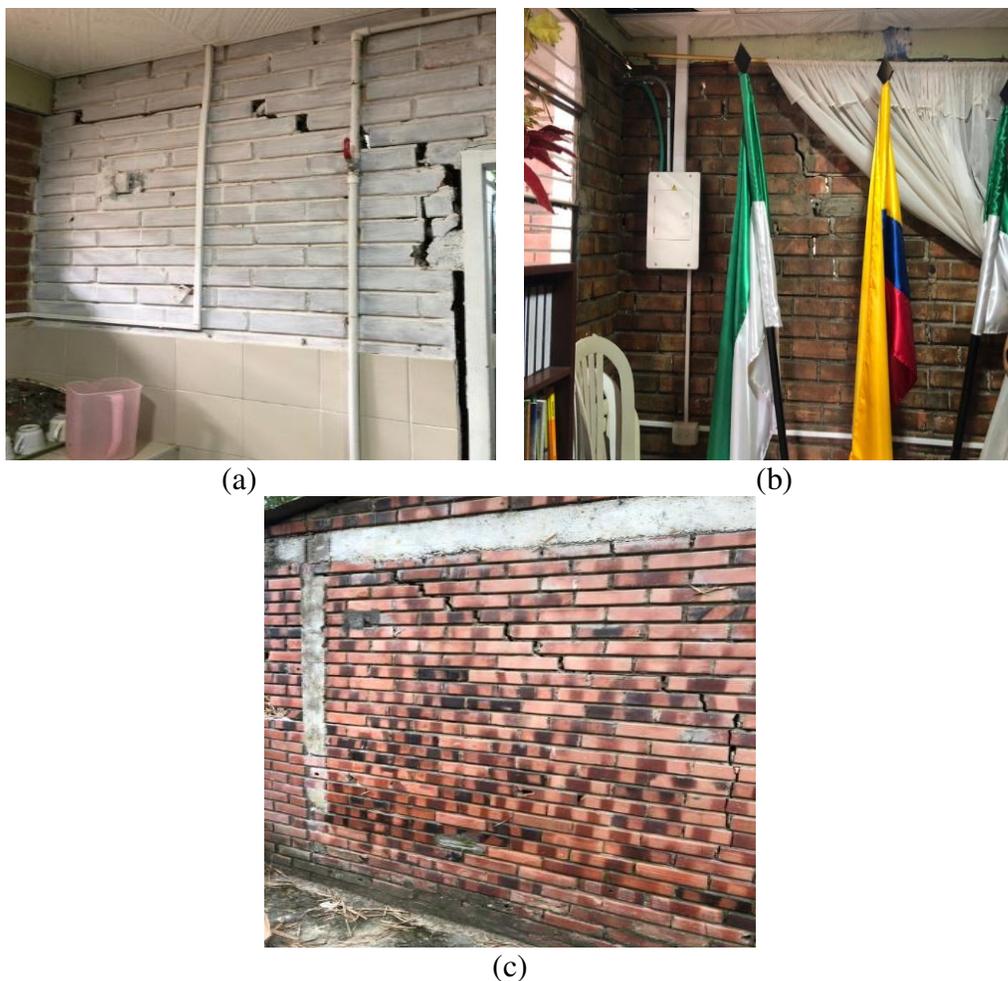


Figura 18 Estado de los muros. Fuente: Autores, 2020

Los muros que están expuestos a la intemperie son claramente los más afectados por estas mismas razones, el agua, la temperatura y la humedad tanto del ambiente como la que es aportada por el suelo, por ello en estos muros las fallas de tipo cortante son las más pronunciadas.

Cubierta: La cubierta de la institución es una estructura metálica conformadas por columnas y cerchas de este mismo material las cuales soportan láminas de asbesto cemento y láminas galvanizadas las cuales se encuentran con signos de deterioro y de mal mantenimiento,

además de esto la cubierta tiene un sistema de aguas lluvias el cual posee unas canaletas las cuales ya poseen muchas goteras y se encuentran en mal estado (Ver figura 19).

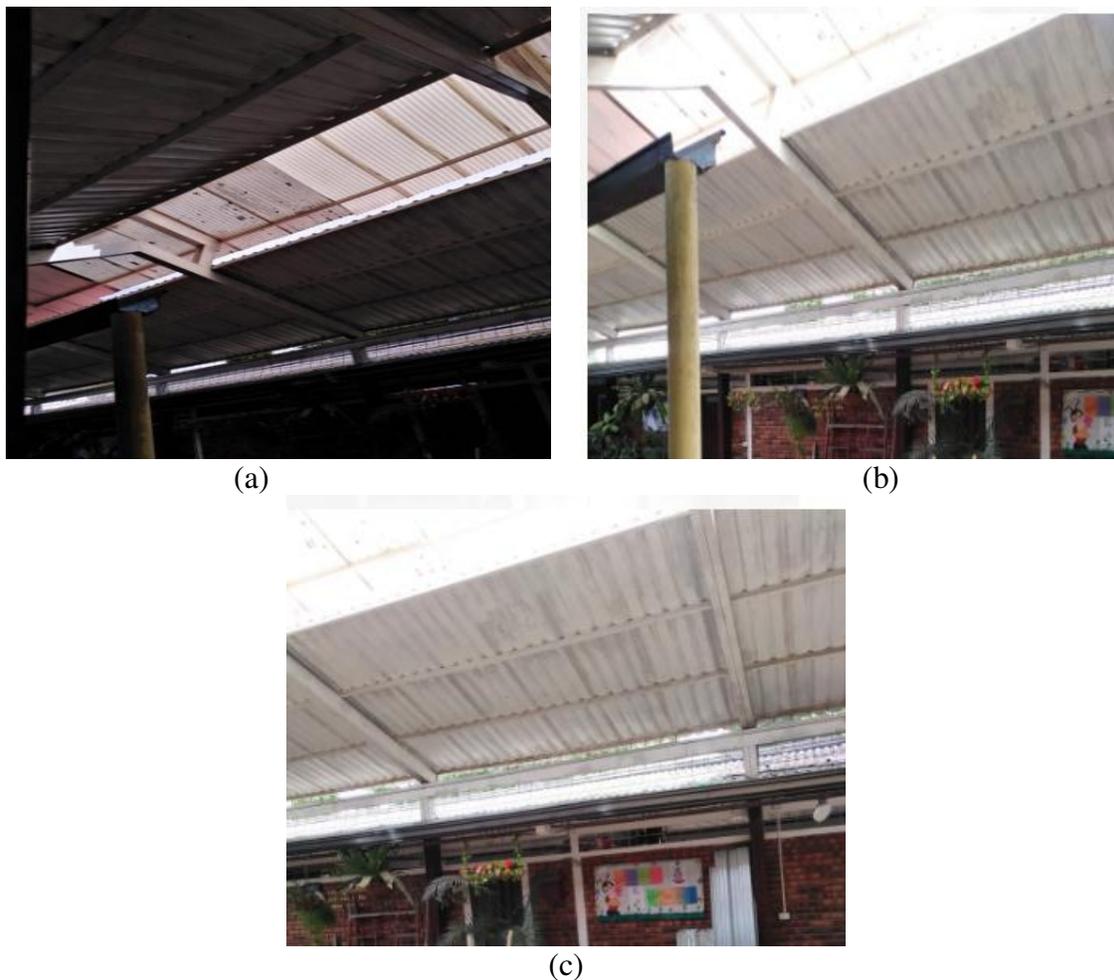


Figura 19 Estado de la cubierta. Fuente: Autores, 2020

4.2.2 Prueba de esclerómetro.

Adicionalmente, como parte del diagnóstico estructural realizado a las diferentes escuelas, se quiso determinar la resistencia del concreto en las columnas de las instituciones. Para ello se empleó el método descrito en la NTC 3692, que corresponde al método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido. Este método emplea un martillo de acero, como se muestra en la figura 20, el cual golpea con una determinada cantidad de energía, un embolo

metálico en contacto con una superficie de concreto. Y permite evaluar la uniformidad del concreto colocado en el sitio, para delimitar variaciones en la calidad del concreto a lo largo de una estructura, y para estimar la resistencia en sitio.



*Figura 20*Equipo de esclerómetro. Fuente: Autores, 2020

El procedimiento para el ensayo inicia con la preparación de la superficie, quitando en el caso de que sea necesario la capa de pañete o yeso, posteriormente se reclina la cabeza del embolo en forma perpendicular a la superficie y presionando el martillo continuamente contra la superficie hasta que el martillo interno sea expulsado. No se debe presionar el pulsador en ningún momento durante la toma de la lectura, pues este solo se presiona para conservar el embolo en el interior de la cubierta al momento de la terminación de la prueba.

Después del impacto, el martillo rebota moviendo un indicador de referencia con él; entre más duro sea el concreto mayor será la escala que alcance el martillo con el indicador. Este indicador se puede colocar fijo en el mayor valor que sea alcanzado presionando el pulsador; de

número leído en la escala graduada y se reproduce dicho valor en la tabla del martillo para la prueba.

4.2.2.1 Ensayo de esclerómetro en la escuela Adolfo Milanés.

Inicialmente se identificaron los diferentes elementos estructurales (columnas) en la institución, se hizo un levantamiento de los mismos y se procedió a realizar las medidas correspondientes. Como se aprecia en la figura 21, inicialmente se localizó un punto medio de la columna, sobre el cual se desarrolló el golpe. Luego de marcar los puntos se procedió a ubicar el instrumento en una posición que permitiera el golpe en forma perpendicular, finalizado el ensayo, en la tabla 2 se indican los resultados obtenidos.



(a)



(b)

Figura 21 Toma de datos escuela Adolfo Milanés. Fuente: Autores, 2020

Tabla 2
Resultados del ensayo de esclerómetro en la escuela Adolfo Milanés.

INDICE ESCLEROMETRICO EN EL CONCRETO ENDURECIDO - NTC 3692

Elemento	Dimensiones (m)	Orientación	Rebotes										Promedio Resultado En MPa	Resultado PSI	Observación	
INSTITUCION	COLEGIO MILANÉS															
FECHA	28-ago-20															
ANGULO	0°															
EDAD DEL CONCRETO	SIN REGISTRO															
VERIFICACION	21 MPa 3000 psi															
C1	0,13 x 0,25	Horizontal	14	18	17	18,5	18,5	18	14,8	18	17	18,5	17,2	2498,4		
C2	0,13 x 0,25	Horizontal	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	1,1	159,5	DESCARTADO	
C3	0,13 x 0,25	Horizontal													NO SE REALIZÓ	
C4	0,13 x 0,25	Horizontal	20	14,8	14,8	14	11	18,5	14,8	12,5	14,8	20	16,5	2387,1		
C5	0,13 x 0,25	Horizontal	23	21,5	21,5	20	19	19	14	14	23	19	20,8	3008,8		
C6	0,25x0,25	Horizontal	17	14	11	18	14	15,8	17	14	11	11	15,7	2274,4	DESCARTADO	
C7	0,25x0,25	Horizontal	11	18	0	14	20	15,8	19	15,8	18,5	11	17,3	2508,5	DESCARTADO	
C8	0,25x0,25	Horizontal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0		
C9	0,25x0,25	Horizontal	0	12	0	12,5	11	13	17	13	15,8	11	13,2	1908,6		
C10	0,25x0,25	Horizontal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	DESCARTADO	
C11	0,25x0,25	Horizontal	21,5	17	21,5	20	20	21,5	18,5	17	15,8	23	19,6	2839,1		
C12	0,25x0,25	Horizontal	25,5	23	23	23	23	25,5	20	20	17	18,5	22,9	3316,9		
C13	0,25x0,25	Horizontal	25,5	18,5	20	21	24,5	20	24	29	26	26,5	23,9	3469,6	DESCARTADO	
C14	0,25x0,25	Horizontal	22,5	22,5	22,5	19	20	20	14	16	18,5	15,8	20,1	2914,5		
C15	0,25x0,25	Horizontal	17	16	17	17	17	12,5	17	15,8	17	15,8	16,2	2350,5		
C16	0,25x0,25	Horizontal	20	23	22,5	21,5	18,5	18	20	18,5	19	17	19,8	2871,0		
C17	0,25x0,25	Horizontal	23	23	24,5	21,5	21	24,5	18,5	18	21,5	18,5	21,8	3157,8		
C18	0,25x0,25	Horizontal	26	26	24,5	26	26,5	27,5	26	26	26	29	26,4	3820,8		

C19	0,25x0,25	Horizontal	18,5	21	20	17	15	20	12,5	13	14	13	16,4	2378,0	
C20	0,25x0,25	Horizontal	21,5	18,5	24,5	21,5	19	17	15,8	14	17	18	19,2	2784,0	
C21	0,25x0,25	Horizontal	19	19	16	18	20	19	17	18	21	21,5	19,2	2779,2	
C22	0,25x0,25	Horizontal	27,5	20	16	21,5	24	25,5	17	20	20	16	21,8	3165,8	DESCARTADO
C23	0,25x0,25	Horizontal	26	23	26	24,5	23	26	24,5	27,5	26,5	26	25,3	3668,5	
C24	0,25x0,25	Horizontal	26	29	32	32	33	34	27,5	26,5	24,5	24	28,8	4180,8	DESCARTADO
C25	0,25x0,25	Horizontal	21,5	23	21,5	21,5	20	18,5	20	18,5	23	19	20,7	2994,3	
C26	0,25x0,25	Horizontal	32	32	34	29	31,5	28,5	31,5	29	28,5	24,5	30,7	4446,7	
C27	0,25x0,25	Horizontal	29	24	28,5	30,5	26	24,5	25,5	26	28,5	29	27,9	4041,9	
C28	0,25x0,25	Horizontal	26	25,5	23	22,5	30,5	24,5	27,5	31,5	29	29	27,9	4050,9	
C29	0,25x0,25	Horizontal	24,5	25,5	25,5	26	26	24,5	26	23	23	23	24,7	3581,5	
C30	0,25x0,25	Horizontal	23	26	26	24	25,5	22,5	20	20	23	22,5	23,3	3371,3	

Como se aprecia en la tabla, en total se analizaron 30 elementos estructurales de concreto, con dimensiones de 0.25 X 0.25 m.

De los datos registrados fue necesario descartar 7 datos, y uno no se realizó; para saber si un dato es aprobado o descartado se debe tener en cuenta que más de dos números de rebotes no pueden ser menor al promedio del resultado, si existe un tercero este ensayo es descartado. El valor máximo de los resultados corresponde a 30,7 MPa, y en promedio la resistencia de los elementos analizados es de 21,4 MPa.

4.2.2.2 Ensayo de esclerómetro en la escuela David Haddad Salcedo.

En la escuela David Haddad Salcedo, se hizo un reconociendo de la columnas, algunas de ellas son recientes, y se ha podido apreciar que se han ejecutado con errores en el proceso constructivo, por lo cual son apreciables hormigueos en la superficie. Para la realización del ensayo de esclerómetro, como se aprecia en la figura 22, inicialmente se preparó la superficie con ayuda de una piedra abrasiva, para obtener una superficie lisa y uniforme. Posteriormente se delimitaron los puntos y se procedió a ubicar el martillo y realizar los golpes, con lo cual se pudieron obtener los resultados que se indican en la tabla 3.

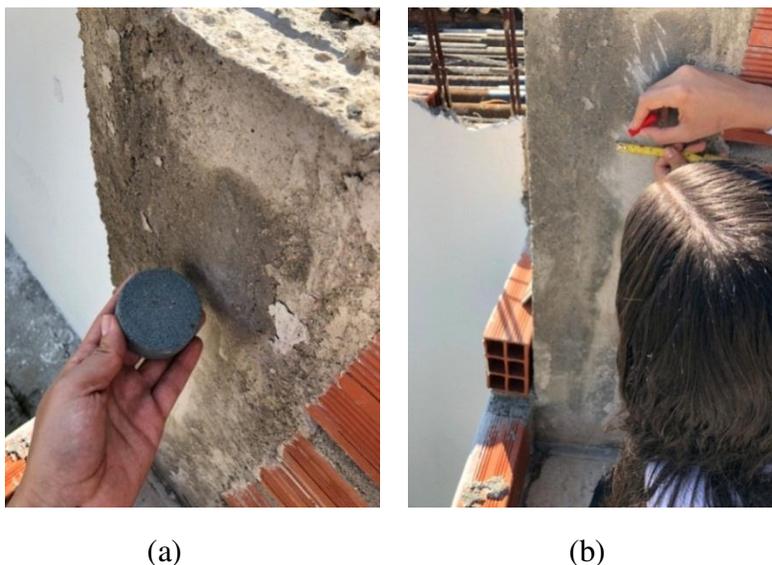


Figura 22 Toma de datos escuela David Haddad Salcedo. Fuente: Autores, 2020

Tabla 3
 Resultados del ensayo de esclerómetro en la escuela David Haddad Salcedo.

INDICE ESCLEROMETRICO EN EL CONCRETO ENDURECIDO - NTC 3692

INSTITUCION	DAVID HADDAD SALCEDO															
FECHA	01-sep-20															
ANGULO	0°															
EDAD DEL CONCRETO	SIN REGISTRO															
VERIFICACION	21 Mpa 3000 psi															
Elemento	Dimensiones (m)	Orientación	Rebotes										Promedio Resultado En MPa	Resultado PSI	Observación	
C1	0,1x0,30	Horizontal	11	11	11	0	23	0	14	0	0	0	7	1015	DESCARTADO	
C2	0,1x0,30	Horizontal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DESCARTADO
C3	0,1x0,30	Horizontal	12,5	11	0	11	12,5	11	11	15,8	11	11	11,9	1720,7		
C4	0,1x0,30	Horizontal	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	1,7	246,5	DESCARTADO	
C5	0,1x0,30	Horizontal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DESCARTADO	
C6	0,1x0,30	Horizontal	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	1,1	159,5	DESCARTADO	
C7	0,1x0,30	Horizontal	17	20	14	17	18,5	17	20	18,5	0	17	17,7	2561,7		
C8	0,1x0,30	Horizontal	14	15,8	11	14	11	11	0	14	12,5	14	13,0	1889,8		
C9	0,1x0,30	Horizontal	0	12,5	0	0	11	11	14	11	0	0	6,0	862,8	DESCARTADO	
C10	0,1x0,30	Horizontal	0	14	17	14	15,8	12,5	12,5	12,5	12,5	18,5	14,4	2083,2		
C11	0,1x0,30	Horizontal	20	20	24,5	26	0	20	18,5	21,5	26	21,5	19,8	2871,0	DESCARTADO	
C12	0,1x0,30	Horizontal													NO SE REALIZÓ PRUEBA	

En total se identificaron 12 elementos estructurales (columnas) con dimensiones de 0.1 X 0.3 m. Y en su mayoría los resultados debieron ser descartados, y de los datos restantes el valor máximo obtenido corresponde a 17,7 MPa, y el valor promedio de los ensayos fue de 14.23 MPa, Valor muy por debajo del valor de diseño con el que aparentemente se realizó la mezcla de concreto.

4.2.2.3 Ensayo de esclerómetro en la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.

En la escuela de Nuestra señora de la Torcoroma, como ya se mencionó, no posee columnas, sin embargo en una expansión que se le está realizando a la escuela, ya se cuenta con diversos elementos estructurales, entre ellos columnas de 0.25 X 0.25 m, sobre las cuales se llevó a cabo el ensayo. En la figura 23 se puede apreciar que inicialmente se hizo la respectiva medición de las columnas, para posteriormente ubicar los puntos guía, sobre los cuales se ubicó posteriormente el martillo para proceder a realizar los golpes. A partir de los resultados obtenidos se realizó la tabla 4.

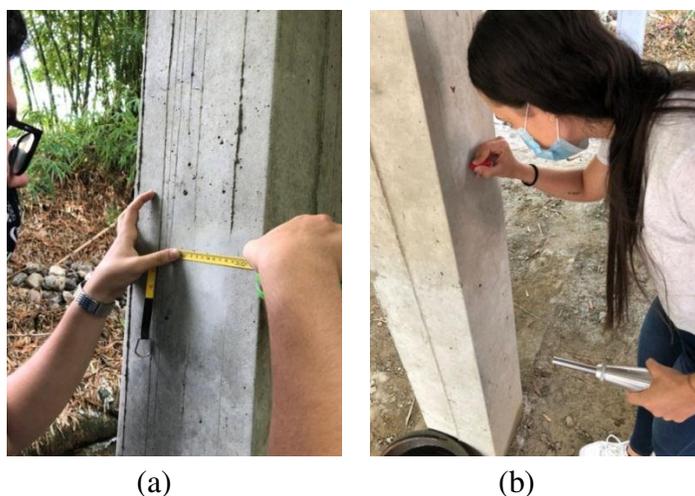


Figura 23 Toma de datos escuela Nuestra señora de la Torcoroma. Fuente: Autores, 2020

Tabla 4

Resultados del ensayo de esclerómetro en la escuela Nuestra señora de la Torcoroma.

INDICE ESCLEROMETRICO EN EL CONCRETO ENDURECIDO - NTC 3692

Elemento	Dimensiones (m)	Orientación	Rebotes											Promedio Resultado en MPa	Resultado PSI	Observación
INSTITUCION	NUESTRA SEÑORA DE LA TORCOROMA															
FECHA	44078															
ANGULO	0°															
EDAD DEL CONCRETO	30 días															
VERIFICACION	21 Mpa 3000 psi															
C1	0,25x0,25	Horizontal	20	20	14	14	14	17	20	17	20	17	17,3	2508,5		
C2	0,25x0,25	Horizontal	15,8	18,5	15,8	20	15,8	21,5	23	20	14	14	17,8	2586,8		
C3	0,25x0,25	Horizontal	14	17	17	17	14	12,5	20	17	15,8	14	16,2	2349,0		
C4	0,25x0,25	Horizontal	17	12,5	12,5	18,5	18,5	15,8	20	20	18,5	18,5	18,4	2660,8		
C5	0,25x0,25	Horizontal	20	20	23	20	18,5	20	23	20	24,5	23	21,2	3074,0		
C6	0,25x0,25	Horizontal	15,8	14	24,5	15,8	15,8	15,8	15,8	17	15,8	12,5	15,4	2228,2		
C7	0,25x0,25	Horizontal	18,5	15,8	15,8	20	17	17	18,5	20	18,5	18,5	18,0	2604,2		
C8	0,25x0,25	Horizontal	17	15,8	17	17	18,5	17	12,5	11	0	11	14,8	2144,2		
C9	0,25x0,25	Horizontal	20	23	20	20	20	20	21,5	20	27,5	20	20,5	2972,5		
C10	0,25x0,25	Horizontal	20	20	15,8	17	11	17	17	20	14	15,8	16,8	2430,2		
C11	0,25x0,25	Horizontal	20	20	20	21,5	17	17	20	20	20	17	19,3	2791,3		

En total fueron 11 columnas analizadas, de las cuales se obtuvo un valor máximo correspondiente a 21.2 MPa, y el valor promedio a 17.76 MPa. Valor que se encuentra por debajo del diseño de mezclas con el cual se proyectó la estructura.

4.3 Evaluar los costos de las propuestas planteadas para la rehabilitación o mejoramiento estructural de las edificaciones.

A partir del diagnóstico realizado, y la identificación de patologías presentes en las diferentes escuelas, fue posible determinar ciertas medidas de intervención para la rehabilitación y mantenimiento de las diferentes instituciones. Como se aprecia en la tabla 5, las escuelas Adolfo Milanés y Sede David Haddad Salcedo, requieren de intervención sobre los muros, y pisos principalmente, los cuales son medidas regulares de intervención. No obstante, la escuela de Nuestra señora de Torcoroma si requiere de una mayor intervención, dado que el estado de la estructura es crítico, llegándose a presentar fallas por cortante en los muros. Además de que no posee un sistema de pórticos (columnas – vigas) que lo soporte, por ende, se requiere realizar el diseño de esta estructura.

Tabla 5
Medidas de intervención para las escuelas analizadas.

ESCUELA	MEDIDAS DE INTERVENCIÓN
Escuela Adolfo Milanés	1. Demolición de pisos 2. Pintura de muros 3. Construcción de canaletas
Escuela Jesus David Haddad Salcedo	1. Reparación de columnas 2. Construcción de cimiento y columnas para placa 3. Reparación de muros 4. Pintura 5. Cambio de cerchas de madera
Escuela Nuestra señora de la Torcoroma	1. Zanjas de drenaje y terrazo 2. Reparación de cunetas 3. Reconstrucción de la estructura

4.3.1 Costos de rehabilitación de la escuela Adolfo Milanés.

En el caso de la escuela Adolfo Milanés, se observaron afectaciones principalmente en los pisos, los cuales se han visto deteriorados por algunos asentamientos diferenciales de la estructura, además de posibles inadecuados procesos constructivos en el su construcción. En este caso, es recomendable realizar una demolición de los pisos existentes para construirlos nuevamente.

Adicionalmente, los muros no presentan humedades perceptibles, sin embargo dado el uso, la capa de pintura esta maltratado, por lo cual es pertinente realizar una limpieza de estos y posteriormente pintarlos nuevamente. Y en el caso de la cubierta, es necesario la instalación de una canaleta que recolecte las aguas lluvias y las conduzca en forma adecuada hasta su disposición final. En la tabla 6, se realiza el presupuesto de las actividades y medidas de intervención antes mencionadas.

Tabla 6

Costos de las medidas de intervención en la escuela Adolfo Milanés.

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.0	PISOS				
1.1	Demolición de pisos gres	m2	40,00	\$ 41.918,00	\$ 1.676.720,00
1.2	Demolición de pisos concreto	m2	17,00	\$32.735,00	\$ 556.495,00
1.3	Retiro de material de demolición	m3	6,00	\$ 73.476,00	\$ 440.856,00
1.4	Piso en gres	m2	40,00	\$ 79.681,84	\$ 3.187.273,60
1.5	Piso en concreto	m2	17,00	\$ 66.127,28	\$ 1.124.163,76
					\$ 6.985.508,36
2,0	Muros				
2,1	Limpieza y adecuación de muros	m2	240,00	\$ 4.500,00	\$ 1.080.000,00

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
2,2	Pintura	m2	240,00	\$13.850,00	\$ 3.324.000,00
					\$ 4.404.000,00
3,0	Estructura adicionales				
3,1	Canaleta	MI	10,00	\$ 69.000,00	\$ 690.000,00
					\$ 690.000,00
					\$ 12.079.508,36

4.3.2 Costos de rehabilitación de la escuela David Haddad Salcedo.

Dentro de las medidas de rehabilitación y reparación contempladas para la escuela David Haddad Salcedo se tiene inicialmente la reparación y mantenimiento de las columnas, las cuales presentan varias oquedades y superficies porosas, en algunas de ellas el refuerzo está expuesto, por lo cual se requiere una reparación y protección de la superficie. Adicionalmente es necesaria la construcción de cuatro columnas adicionales con sus respectivas zapatas para reforzar la placa aligerada que fue construida y que actualmente está apoyada en los muros de tapia.

Respecto a los muros, se observó que el estado general es adecuado, no obstante en algunas paredes hay desprendimientos del pañete, a causa de usos inadecuados, además específicamente en uno de los muros que colinda en la parte de atrás con una vivienda hay una humedad a causa del solar de dicha vivienda, por lo cual es necesario realizar un descapote y limpieza de esta zona, para realizar una impermeabilización. Además se debe realizar una limpieza de los muros y retocar la capa de pintura en toda la escuela.

Finalmente, debido a algunas goteras en la cubierta actualmente algunas de las cercas de madera que soportan la cubierta en tejas están deterioradas, por lo cual es necesario el reemplazo de estas. En la tabla 7 se describen los costos necesarios para estas intervenciones.

Tabla 7

Costos de las medidas de intervención en la escuela David Haddad Salcedo.

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.0	ESTRUCTURA				
1.1	Reparación y mantenimiento de columnas	ml	8,00	\$ 95.600,00	\$ 764.800,00
1.2	construcción de zapata	und	8,00	\$ 215.023,00	\$ 1.720.184,00
1.3	columnas	und	6,00	\$ 152.826,00	\$ 916.956,00
					\$ 3.401.940,00
2.0	Muros				
2.1	Desmote y descapote manual	m3	12,00	\$ 9.274,00	\$ 111.288,00
2.2	Impermeabilización muro exterior	m3	15,00	\$ 78.500,00	\$ 1.177.500,00
2.3	Limpieza y adecuación de muros	m3	180,00	\$ 4.500,00	\$ 810.000,00
2.4	Pañete	m3	21,00	\$ 23.500,00	\$ 493.500,00
2.5	Pintura	m3	180,00	\$ 13.800,00	\$ 2.484.000,00
					\$ 5.076.288,00
3.0	CUBIERTA				
3.1	cambio e instalación de cercha de madera	Und	2,00	\$ 210.000,00	\$ 420.000,00
					\$ 420.000,00
					\$ 8.898.228,00

4.3.3 Costos de rehabilitación de la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.

Como ya se ha mencionado, el estado actual de la escuela Nuestra señora de la Torcoroma es crítico, por lo cual es necesario desarrollar acciones para mitigar esta problemática, una de ellas y la más viable dado el grado de afectación, es la reconstrucción total de la edificación. Es

por ello que en la sección 4.4.1.3 del presente documento se realizaron los procesos de cálculo para el diseño de la nueva estructura. Cuyos costos se indican en la tabla 8.

Tabla 5

Costos de las medidas de intervención en la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNI	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Trazado y Replanteo	m2	546,25	\$ 2.207,00	\$ 1.205.573,75
					\$ 1.205.573,75
2	CIMIENOS y SOBRECIMIENOS				
2,1	Excavación Manual en Material Común	m3	108,7	\$ 21.336,00	\$ 2.319.223,20
2,2	Viga de Piso de 0,25x0,30 m en concreto de 210 Kg/cm ² (3000 PSI)	ml	187,4	\$ 248.866,00	\$ 46.637.488,40
2,3	Zapatas 1X1m en concreto de 210 kg/cm ² (3000 PSI)	und	23	\$ 768.993,00	\$ 17.686.839,00
					\$ 66.643.550,60
3	RELLENOS				
3,1	Rellenos de Excavación-Compactado	m3	54,35	\$ 68.660,00	\$ 3.731.671,00
					\$ 3.731.671,00
4	MAMPOSTERIA				
4,1	Muro Sencillo 0.15, Ladrillo Común .07X.11X.22 Incluye mortero 1:4-Cuchillas	m2	429,072	\$ 47.342,00	\$ 20.313.126,62
					\$ 20.313.126,62
5	PAÑETES				
5,1	Pañete Allanado en Muros 1:4	m2	858,14	\$ 15.372,00	\$ 13.191.389,57
5,2	Pintura Balnco, Vinilo tipo 1	m2	858,14	\$ 3.312,00	\$ 2.842.159,68
					\$ 16.033.549,25
6	ENCHAPE				
6,1	Enchape Cerámico .20X.20 en muros de primera calidad, Tipo Corona o Similar(para muros, piso de baño y mesón de cocina)	m2	63,8625	\$ 44.864,00	\$ 2.865.127,20
					\$ 2.865.127,20
7	ESTRUCTURAS EN CONCRETO				
7,1	Placa Maciza en Mesones H/.07	m2	2,31	\$ 146.271,00	\$ 337.886,01

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNI	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	X .60 de Ancho				
7,2	Columnas, Concreto 3.000 Psi, Sección .30x.30.	ml	67,85	\$ 417.845,00	\$ 28.350.783,25
7,3	Viga sobre Muros en Concreto 3.000 PSI.	ml	187,4	\$ 148.866,00	\$ 27.897.488,40
7,4	Viga Cinta Sobre Muro en Concreto 3.000 Psi .12X.10	ml	96,15	\$ 114.879,00	\$ 11.045.615,85
					\$ 67.631.773,51
8	CUBIERTA				
8,1	Cubierta en Lamina Ondulada FIBROCEMENTO-Incl. Caballete-Color Rojo	m2	313,75	\$ 95.791,00	\$ 30.054.426,25
					\$ 30.054.426,25
9	INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS				
9,1	Registro de Agua Sanitaria en concreto, dimensiones 0,60x0,60 m.	PTO	1	\$ 47.856,00	\$ 47.856,00
9,2	Punto Sanitario PVC 6"- INCL. Excavación y Tape	PTO	2	\$ 53.615,00	\$ 107.230,00
9,3	Punto Sanitario PVC 2"- Incl. Excavación y Tape	PTO	8	\$ 27.246,00	\$ 217.968,00
9,4	Red Sanitaria PVC 6- Incl. Exc. Instalación y Tape	PTO	2	\$ 68.812,00	\$ 137.624,00
9,5	Punto Hidraulico PVC Presión de 1/2"	PTO	12	\$ 29.691,00	\$ 356.292,00
9,6	Red Suministro PVC ½"	PTO	1	\$ 31.782,00	\$ 31.782,00
					\$ 898.752,00
10	PISOS				
10,1	Plantilla en Concreto 3.000 Psi-Exp. 0.05 mt.	m2	609,28	\$ 16.457,00	\$ 10.026.957,82
					\$ 10.026.957,82
11	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
11,1	Tablero dos circuitos 220 vols.	PTO	1	\$ 43.578,00	\$ 43.578,00
11,2	Salida alumbrado común	PTO	14	\$ 18.754,00	\$ 262.556,00
11,3	Salida tomacorriente común	PTO	10	\$ 18.754,00	\$ 187.540,00
11,4	Acometida eléctrica conduit de Ø 1/2"	PTO	1	\$ 23.588,00	\$ 23.588,00
11,5	Alambre thw #12 Str.	Rollo	6	\$ 163.785,00	\$ 982.710,00
11,6	Tubería pvc eléctrica ½"	m	72	\$ 1.897,00	\$ 136.584,00
11,7	Curvas pvc eléctrica ½"	UND	28	\$ 487,00	\$ 13.636,00
					\$ 1.650.192,00
12	APARATOS SANITARIOS E				

ITEM DE PAGO	DESCRIPCION	UNI	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
INCRUSTACIONES					
12,1	Combo Sanitario Económico	UND	8	\$ 548.721,00	\$ 4.389.768,00
12,2	Lavadero prefabricado	UND	1	\$ 325.447,00	\$ 325.447,00
12,3	Lavaplatos 62 X 48 Inoxidable Empotrar	UND	1	\$ 287.465,00	\$ 287.465,00
					\$ 5.002.680,00
13 CARPINTERIA METALICA					
13,1	Puerta Metálica Principal de 1.00 x 2.0 m	UND	8	\$ 225.475,00	\$ 1.803.800,00
13,2	Puerta Metálica de 2.0 m x 0.9 m	UND	2	\$ 205.548,00	\$ 411.096,00
13,3	Puerta Metálica Baño 0.70 x 2.0 m	UND	2	\$ 170.785,00	\$ 341.570,00
13,4	Ventana de Aluminio Anonizado 1.5 X 1.00, vidrio 4 mm.	UND	5	\$ 198.601,00	\$ 993.005,00
					\$ 3.549.471,00
					\$229.606.851,01

4.4 Generar un informe técnico que sirva de antecedente para futuros proyectos de mejoramiento a las instituciones educativas, el cual será entregado al rector de la institución.

Parte importante del control que debe realizarse a las edificaciones, principalmente aquellas que prestar servicio a la comunidad, en este caso infantes, es la identificación y evaluación correctamente los agentes o mecanismos particulares que está afectando al edificio antes de intentar realizar trabajos de reparación y mantenimiento. Los efectos y consecuencias de estos agentes o mecanismos variarán, dependiendo de la construcción, ubicación, uso y condición del edificio afectado. Por ello a continuación se describe el método empleado para la identificación de estas fallas.

Inicialmente la institución educativa José Eusebio Caro está ubicada en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, es un establecimiento de educación pública, la cual cuenta con 8 sedes de educación primaria, donde actualmente 3 de estas evidencian daños que afectan su funcionamiento, cuya ubicación se indica en la figura 24 y el apéndice 1.

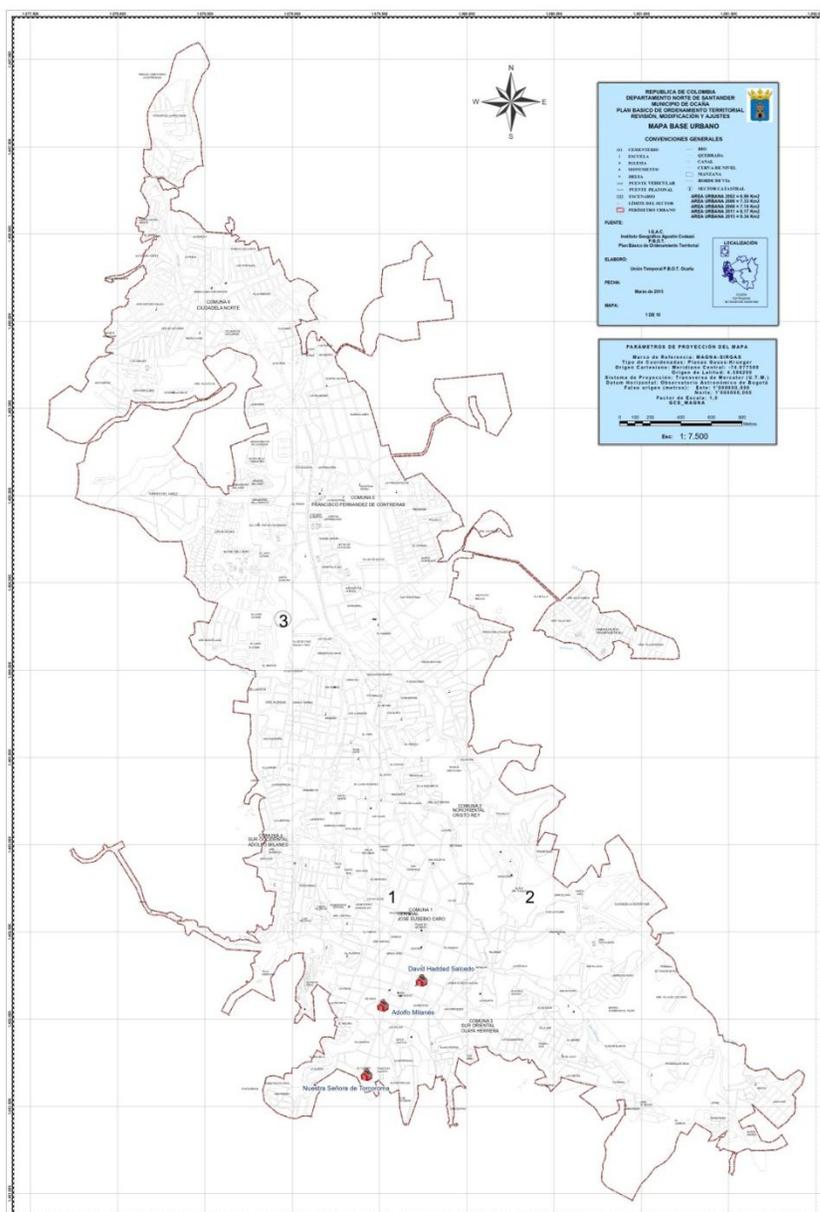


Figura 24 Localización de las escuelas objeto de estudio. Fuente: Autores, 2020

4.4.1 Inspección Visual y fallas encontradas.

Se llevó a cabo visitas en las diferentes escuelas, en las cuales mediante una inspección visual se evaluaron los daños, fallas y patologías del estado actual de las estructuras que se podían notar a simple vista. Y de esta forma clasificar las escuelas por el nivel de deterioro y fallas encontradas.

Principalmente la inspección de las escuelas debe iniciar por el reconocimiento del lugar, analizando la distribución de daños que presenta cada zona de las tres escuelas seleccionadas. En cada escuela se procede a observar el suelo alrededor de la edificación, distinguiendo la presencia de grietas, hundimientos, levantamiento diferencial, asentamientos del terreno o inclinaciones. Desde el exterior se examina cada edificación y los posibles daños en la fachada. Seguidamente se ingresa a la edificación, se evalúa el estado del sistema estructural, observando los daños en los elementos para hacer una clasificación, como lo son: las columnas, vigas, muros, losas, cubiertas. La situación actual de cada institución se menciona a continuación:

4.4.1.1 Escuela Adolfo Milanés.

Dentro de la inspección visual realizada no presenta fallas estructurales a simple vista. Esta escuela cuenta con una construcción elaborada en tapia pisada, con pisos en concreto y gres, y cubierta en madera y teja de barro, de un solo nivel. Las paredes se encuentran actualmente en buen estado. El espacio escolar ha tenido remodelaciones mejorando la estructura y el ambiente para los estudiantes. No obstante, aun presenta deficiencias en el área sanitaria, donde hay fallas en la cubierta de los baños, y en los acabados del piso.

Como parte de la evaluación realizada se elaboró como se indica en la tabla 9 una valoración de la estructura, identificando la información general, el grupo de uso, la precipitación y la localización. En este caso al ser una institución educativa el grupo de uso según la NSR 10, corresponde a grupo III (Edificaciones de atención a la comunidad).

Respecto a la evaluación del sistema estructural, se identificó el número de niveles y sótanos, en este caso solo posee un nivel, sin sótano. Y la topografía correspondiente es Planicie, por estar ubicada en un terreno con una inclinación no mayor a 10° . La estructura está compuesta por un sistema de pórticos, aunque también a un área de la escuela que está construida en Tapia. Los materiales predominantes son el concreto y el ladrillo, y debido a la forma de la edificación presenta una irregularidad por geometría. Como ya se mencionó la cubierta es de teja, y dentro de los problemas perceptibles hay un asentamiento diferencial en algunos sectores y hundimiento.

El análisis patológico de la escuela, como se indica en la tabla 10, indica la posible afectación de la seguridad y el aspecto visual a causa de las patologías detectadas, que consisten en fisuras entre medianas y medias, hundimientos del terreno, daños en vidrios y acabados, en este sentido las medidas de intervención son convenientes y necesarias, dado el nivel leve y moderado de las afectaciones. En la figura 25 se aprecia la planta arquitectónica de la institución.

La evaluación realizada a la estructura se indica en la tabla 11, la identificando general, respecto al grupo de uso corresponde al grupo III (Edificaciones de atención a la comunidad), y en el sistema estructural, se identificó el número de niveles y sótanos, en este caso solo posee un nivel, sin sótano. Y la topografía correspondiente es ladera, por estar ubicada en un terreno con una inclinación mayor a 18° . Como ya se mencionó la estructura está compuesta por un sistema de pórticos, aunque también a un área de la escuela que está construida en Tapia. Los materiales predominantes son la tierra comprimida, y el ladrillo, y debido a la forma de la edificación presenta una irregularidad por geometría. La cubierta es principalmente de teja y los salones nuevos y baños son de láminas de asbesto cemento.

El análisis patológico de la escuela, como se indica en la tabla 12, indica la posible afectación de la seguridad y el aspecto visual a causa de las patologías detectadas, que consisten en fisuras entre medianas y medias, hundimientos del terreno, así mismo existe la posibilidad de un colapso en un área de la escuela, debido a que la placa nueva no cuenta con columnas, y esta soportada sobre los muros en tapia, adicionalmente hay daños en vidrios y acabados, en este sentido las medidas de intervención son convenientes y necesarias, dado el nivel leve y moderado de las afectaciones. En la figura 26 se aprecia la planta arquitectónica de la institución.

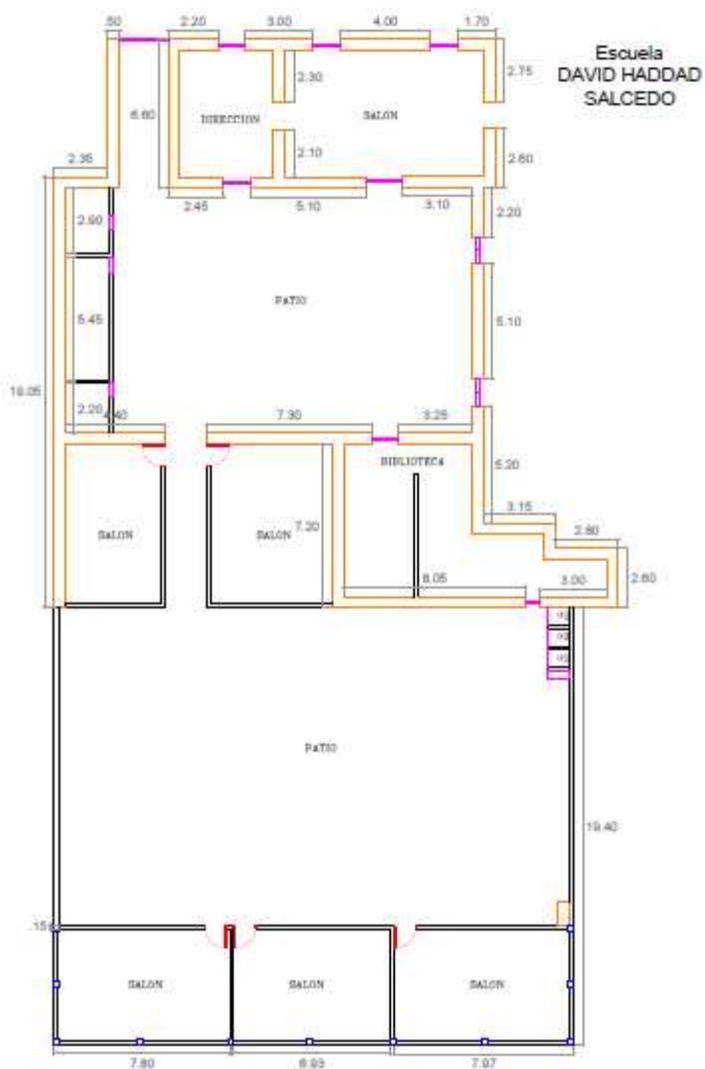


Figura 26 Planta arquitectónica escuela David Haddad Salcedo. Fuente: Autores, 2020

4.4.1.3 Escuela Nuestra señora de la Torcoroma.

Dentro de la inspección visual realizada esta es la escuela que requiere una mayor intervención. Puesto que son visibles las fallas estructurales. Esto principalmente a que la estructura no cuenta con ningún tipo de confinamiento de los muros, es decir, no hay ningún sistema de vigas y columnas que confine los muros, por lo cual ya son visibles los fallos por cortantes, razón por la cual las instalaciones de la institución no están en funcionamiento. En una segunda fase constructiva se construyeron unos nuevos salones, con un sistema de pórticos adecuados.

La evaluación realizada a la estructura se indica en la tabla 13, la identificando general, respecto al grupo de uso corresponde al grupo III (Edificaciones de atención a la comunidad), y en el sistema estructural, se identificó el número de niveles y sótanos, en este caso solo posee un nivel, sin sótano. Y la topografía correspondiente es planicie. Como ya se mencionó la estructura no cuenta con un sistema de pórticos. Los materiales predominantes son el ladrillo y debido a la forma de la edificación presenta una irregularidad por geometría. La cubierta es principalmente de láminas de eternit y los pisos son de concreto y gres.

El análisis patológico de la escuela, como se indica en la tabla 14, indica la inminente afectación de la funcionalidad, así como de la seguridad y el aspecto visual a causa de las patologías detectadas, que consisten en grietas en los muros, humedades y pérdidas de material, además hay hundimientos del terreno. En la figura 26 se aprecia la planta arquitectónica de la institución.



Figura 27 Planta arquitectónica escuela Nuestra Señora de la Torcoroma. Fuente: Autores, 2020

Tabla 6
 Información general y sistema estructural de la escuela Adolfo Milanés.

IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER, COLEGIO JOSÉ EUSEBIO CARO						
INFORMACIÓN GENERAL						
Fecha	13-04-2020	Evaluadores	LAURA XIMENA OVALLOS SANGUINO SERGIO ANDRES PELÁEZ GÓMEZ			
Municipio	Ocaña	Departamento	Norte de Santander			
Institución educativa	Adolfo Milanés					
Número de pisos	1	Tipo de cubierta	Machimbre			
Año de construcción	1943	Fecha de restauración	1943	Área construida		
GRUPO DE USO			Precipitación de la zona (mm/M)	Localización		
Grupo I	Estructuras de ocupación normal		Alta	Rural		
Grupo II	Estructuras de ocupación especial		Media	X	Urbana	X
Grupo III	Edificaciones de atención a la comunidad		X	Baja	Industrial	
Grupo IV	Edificaciones indispensables					
SISTEMA ESTRUCTURAL						
No. Niveles	1	DIMENSIONES		TOPOGRAFÍA	Planicie	Depósitos Lacustres
No. Sótanos	0	Frente X			Ladera Rivera (Río/Lago)	Costa
No. Ocupantes	450	Fondo Y				Fondo de valle
SISTEMA ESTRUCTURAL		MATERIALES		Irregularidades geométricas		
Mampostería no confinada		Concreto	X	IRREGULARIDAD EN PLANTA	IRREGULARIDAD EN ALTURA	
Mampostería confinada		Ladrillo	X	Asimetría por muros	Columna corta	
Pórticos	X	Estructura metálica		Grandes aberturas	Muros no llegan a cimentación	
Sistemas de muros		Otros		Geometría irregular	X Planta baja flexible	
Dual		Continuidad de elementos estructurales		ZONA SISMICA	Alta	
Combinado		Si	X		Intermedia	
		No			Baja	
DIRECCION X	Marcos de acero	M. de carga de mampostería		DIRECCION Y	Marcos de	M. de carga de mampostería

(paralela a la fachada)	Marco de concreto	X	Marco y muros diafragma	acero Marco de concreto Columnas y losa plana Uso de contravientos Muros de concreto	Marco y muros diafragma	X	M. adobe o bahareque M. madera o laminas Otros	X
	Columnas y losa plana Uso de contravientos		M. adobe o bahareque		M. adobe o bahareque			
			M. madera o laminas		M. madera o laminas			
	Muros de concreto		Otros		Otros			
Sistema de piso			Cubierta	Problemas de cimentación		Posición en manzana		
Losa maciza	X	Igual al piso		Asentamiento diferencial	X	Esquina	X	
Losa reticular Vigueta o bovedilla		Lamina		Levantamiento diferencial		Media		
No se sabe		Teja	X	Hundimiento	X	Aislado		
Observaciones	<p>La edificación tiene dos fases fácilmente reconocibles que determinan las dos fases de construcción a las que se vio sometida esta institución educativa. En la primera fase que es referente a una estructura de tierra que en este caso es tapia pisada que constituya más del 80% de la institución, el cual es un conglomerado apisonado de tierra y áridos ejecutado entre encofrados o tapias, que en ese entonces era lo usado para construir cualquier tipo de edificación.</p> <p>El sistema estructural correspondiente a la segunda es un sistema correspondiente a pórticos conformados por columnas que sostienen como soportes de madera para sostener el techo o cubierta de la institución, esta es una pequeña parte de la institución que se realizó hace poco años, además de esto, cuenta con un sistema de pórticos utilizados para sostener un voladizo que hace parte del techo que está en perfecto estado, los elementos estructurales están conformados con ladrillos de arcilla cocida unidos entre sí con mortero de cemento y con bloque N° 5 unidos entre sí con mortero de cemento.</p>							

Tabla 7
Análisis Patológico de la escuela Adolfo Milanés.

ANÁLISIS PATOLÓGICO						
Inspección preliminar		Valoración visual		Inspección detallada		
Daños o anomalías	X	POSIBLES AFECTACIONES DE LAS PATOLOGIAS	Seguridad	X	FISURA	
Humedades	X		Funcionalidad		Fina	X
Manchas	X		Aspecto superficial	X	Media	X
Fisuras	X		CARÁCTER DE LA INVETSIGACION	Imprescindible		Ancha
Grietas	X		Necesaria	X	GEOTECNICOS	
Perdida de material	X		Conveniente	X	Grietas en el terreno	

		ÓN			
Asentamientos	X		Leve	X	Hundimiento
Corrosión		NIVEL DE DAÑOS	Moderado	X	Inclinación del edificio
Exposición de acero	X		Severo		LOSAS
OTROS DAÑOS					Colapso
Vidrios	X	Plafones Fachada		Bardas y pretilos	Grietas
Acabados	X	s	X	Escaleras	Flechas

Tabla 8

Información general y sistema estructural de la escuela David Haddad Salcedo.

IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER, COLEGIO JOSÉ EUSEBIO CARO						
INFORMACIÓN GENERAL						
Fecha	15-04-2020	Evaluadores	LAURA XIMENA OVALLOS SANGUINO SERGIO ANDRES PELÁEZ GÓMEZ			
Municipio	Ocaña	Departamento	Norte de Santander			
Institución educativa	David Haddad Salcedo					
Número de pisos	1	Tipo de cubierta	Machimbre		Área construida	
Año de construcción	1974	Fecha de restauración	1974			
GRUPO DE USO				Precipitación de la zona (mm/M)	Localización	
Grupo I	Estructuras de ocupación normal			Alta	Rural	
Grupo II	Estructuras de ocupación especial			Media	X	Urbana
Grupo III	Edificaciones de atención a la comunidad	X		Baja		Industrial
Grupo IV	Edificaciones indispensables					
SISTEMA ESTRUCTURAL						
No. Niveles	1	DIMENSIONES			Planicie	Depósitos Lacustres
No. Sótanos	0	Frente X		TOPOGRAFÍA	Ladera	X Costa
No. Ocupantes	380	Fondo Y			Rivera (Rio/Lago)	Fondo de valle
SISTEMA ESTRUCTURAL		MATERIALES		Irregularidades geométricas		
Mampostería no confinada	X	Concreto		X	IRREGULARIDAD EN PLANTA	IRREGULARIDAD EN ALTURA

Mampostería confinada		Ladrillo		X	Asimetría por muros	Columna corta			
Pórticos	X	Estructura metálica			Grandes aberturas	Muros no llegan a cimentación			
Sistemas de muros		Otros		X	Geometría irregular	Planta baja flexible			
Dual		Continuidad de elementos estructurales			ZONA SISMICA	Alta			
Combinado		Si		X		Intermedia	X		
DIRECCION X (paralela a la fachada)	X	M. de carga de mampostería	DIRECCION Y	X	Marcos de acero	M. de carga de mampostería	X		
		Marco de concreto				Marco y muros		Marco de concreto	Marco y muros
		Columnas y losa plana				M. adobe o bahareque		Columnas y losa plana	M. adobe o bahareque
		Uso de contravientos				M. madera o laminas		Uso de contravientos	M. madera o laminas
		Muros de concreto				Otros		Muros de concreto	Otros
Sistema de piso		Cubierta		Problemas de cimentación		Posición en manzana			
Losa maciza	X	Igual al piso			Asentamiento diferencial	Esquina			
Losa reticular		Lamina			Levantamiento diferencial	Media	X		
Vigueta o bovedilla		Teja	X		Hundimiento	Aislado			
No se sabe		Otro	X						
Observaciones	La institución educativa tiene dos fases fácilmente reconocibles que determinan las dos fases de construcción a las que se vio sometida esta institución educativa. En la primera fase que es referente a una estructura de tierra que en este caso es tapia pisada que constituya más del 70% de la institución, el cual es un conglomerado apisonado de tierra y áridos ejecutado entre encofrados o tapias, que en ese entonces era lo usado para construir cualquier tipo de edificación.. La segunda fase, son cuatro salones que cuentan con un sistema de pórticos, conformados por columnas y una placa maciza de 25 cm, las cuales tienen una distribución que no cumple con lo escrito en la norma. Algo extraño en el sistema estructural es que los muros de tapia pisada están soportando una estructura que cuesta de una loza maciza y unos cuartos apoyados en esta estructura sin ningún cimiento ni apoyo adicional, es una estructura que no cumple con lo escrito en la NSR-10.								

Tabla 9
Análisis Patológico de la escuela David Haddad Salcedo.

ANÁLISIS PATOLÓGICO							
Inspección preliminar		Valoración visual			Inspección detallada		
Daños o anomalías	X	Posibles afectaciones	Seguridad	X	FISURA		
Humedades	X	s de las Patologías	Funcionalidad		Fina		X
Manchas	X		Aspecto	X	Media		X

ANÁLISIS PATOLÓGICO					
Inspección preliminar		Valoración visual superficial		Inspección detallada	
Fisuras	X	Carácter de la investigación	Imprescindible	Ancha	
Grietas	X		Necesaria	X GEOTECNICOS	
Perdida de material			Conveniente	X Grietas en el terreno	
Asentamientos		Nivel de daños	Leve	X Hundimiento	
Corrosión			Moderado	X %	
Exposición de acero			Severo	LOSAS	
OTROS DAÑOS				Colapso	X
Vidrios	X	Plafones Fachada	Bardas y pretilos	Grietas	
Acabados	X	s	X Escaleras	Flechas	

Tabla 10

Información general y sistema estructural de la escuela Nuestra Señora de la Torcoroma.

IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER, COLEGIO JOSÉ EUSEBIO CARO				
INFORMACIÓN GENERAL				
Fecha		Evaluadores	LAURA XIMENA OVALLOS SANGUINO	
Municipio	Ocaña	Departamento	Norte de Santander	
Institución educativa	Nuestra Señora de la Torcoroma			
Número de pisos	1	Tipo de cubierta	Láminas de Eternit	Área construida
Año de construcción	1960	Fecha de restauración	1960	
GRUPO DE USO		Precipitación de la zona (mm/M)		Localización
Grupo I	Estructuras de ocupación normal		Alta	Rural
Grupo II	Estructuras de ocupación especial		Media	X Urbana
Grupo III	Edificaciones de atención a la comunidad	X	Baja	Industrial
Grupo IV	Edificaciones indispensables			
SISTEMA ESTRUCTURAL				
No. Niveles	1	DIMENSIONES		Depositos Lacustres
No. Sótanos	0	Frente X	TOPOG RAFÍA	Planicie
				Ladera
				X Costa

No. Ocupantes	Fondo Y		Rivera (Río/Lago)	Fondo de valle		
SISTEMA ESTRUCTURAL		MATERIALES		Irregularidades geométricas		
Mampostería no confinada	X	Concreto		IRREGULARIDAD EN PLANTA	IRREGULARIDAD EN ALTURA	
Mampostería confinada		Ladrillo	X	Asimetría por muros	Columna corta	
Pórticos		Estructura metálica		Grandes aberturas	Muros no llegan a cimentación	
Sistemas de muros		Otros		Geometría irregular	Planta baja flexible	
Dual		Continuidad de elementos estructurales		ZONA SISMICA	Alta	
Combinado		Si	X		Intermedia	X
DIRECCION X (paralela a la fachada)	Marcos de acero	M. de carga de mampostería	X	Dirección Y	M. de carga de mampostería	X
	Marco de concreto	Marco y muros diafragma			Marco de concreto	Marco y muros diafragma
	Columnas y losa plana	M. adobe o bahareque			Columnas y losa plana	M. adobe o bahareque
	Uso de contravientos	M. madera o laminas			Uso de contravientos	M. madera o laminas
Muros de concreto	Otros	X		Muros de concreto	Otros	X
Sistema de piso		Cubierta		Problemas de cimentación		Posición en manzana
Losa maciza		Igual al piso		Asentamiento diferencial	X Esquina	X
Losa reticular		Lamina	X	Levantamiento diferencial	Media	
Vigueta o bovedilla		Teja		Hundimiento	Aislado	
No se sabe	X	Otro				
Observaciones	La edificación tiene dos fases fácilmente reconocibles que determinan las dos fases de construcción a las que se vio sometida esta institución educativa, la primera cuenta con un sistema estructural realizado solo con mampostería en este caso ladrillo a la vista los cuales están unidos con mortero de cemento, sin ninguna columna que pueda servir de apoyo para cargas de compresión o flexión, solo tiene una viga de amarre que cubre solo una parte de la estructura, mas no toda, de igual manera este sistema estructural no está regido por la Norma Sismo Resistente Colombiana(NSR-10) y la estructura tendría que ser desalojada de inmediato. La segunda fase, son dos salones pequeños que cuentan con un sistema de pórticos, conformados por vigas y columnas que sostienen unos tanques de agua que son para distribución en la escuela.					

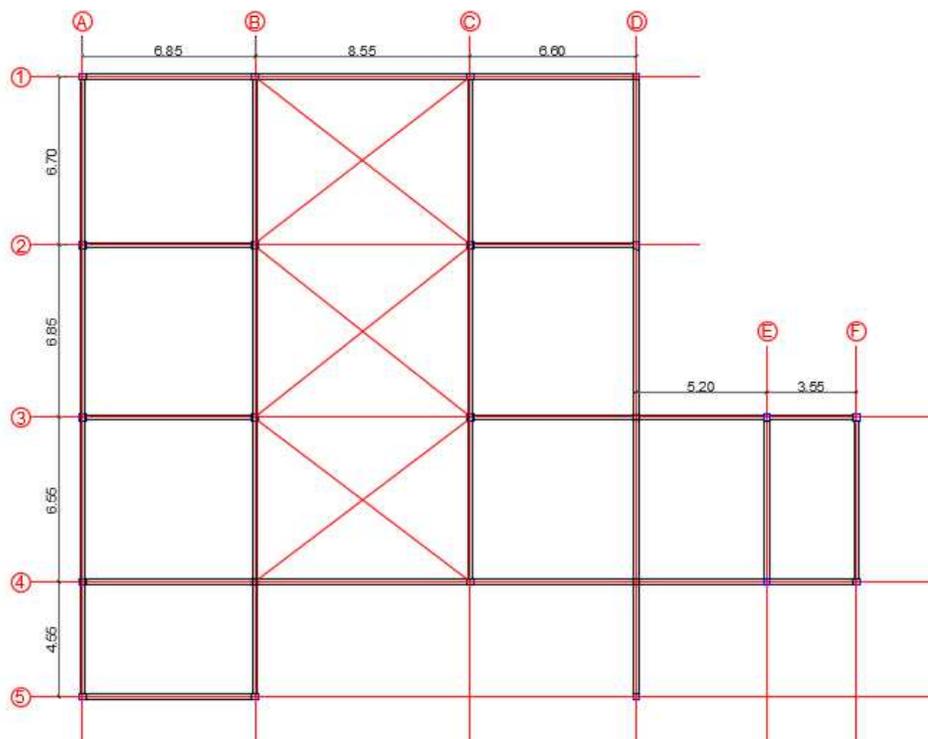


Figura 28 Diseño estructural propuesto. Fuente: Autores, 2020.

El presente diseño fue modelado en el software CSI Sap2000, el pórtico generado se muestra en la figura 29, en la cual se ve los pilares o columnas con sus respectivas restricciones.

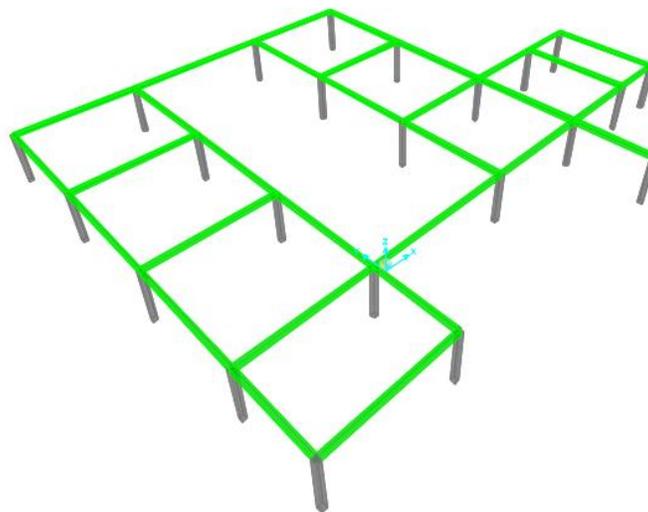


Figura 29 Pórtico espacial de la escuela. Fuente: Autores, 2020.

Con respecto a las cargas de la estructura de un nivel se contemplan cargas de cubierta, la cual es de lámina de cemento, el peso de este tipo de cubierta fue obtenido de la tesis de grado de (Jimenez Camacho, 2010), en el cual realizan un diseño para distintos modelos de cubierta de teja de asbesto cemento; con lo cual teniendo nuestro modelo estructural, se puede conocer la distancia entre cerchas o soportes, que en este caso no supera los 7 metros de longitud, dando como resultado una cubierta tipo 3 de acuerdo al estudio anteriormente mencionado, en la tabla 15 se muestra los modelos de cubierta utilizados.

Tabla 12

Descripción de modelos de cubierta.

Cubierta N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Luz (m)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Pendiente (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Separación entre Correas (m)	1.38	1.38	1.38	1.45	1.45	1.45	1.69	1.69	1.69
Separación entre Cerchas (m)	5	6	7	5	6	7	5	6	7

Fuente: (Jimenez Camacho, 2010)

De acuerdo al tipo de cubierta elegida, se consultó el valor del peso de este por metro cuadrado, el cual fue desarrollado en el mismo estudio, incluyendo el peso de cerchas metálicas, correas, tejas y demás accesorios, en la tabla 16 se muestra la estimación del peso propio de la cubierta tipo 3.

Tabla 13

Estimación del peso propio de la cubierta tipo 3.

Item	Descripción	Perfil	Peso(Kg/m)	Cantidad	Longitud(mm)	Peso Total (Kg)
1	Cercha CH-1		642	5	20000	3210
2	Correas C-1	P8" 5/8" X 2mm	5,57	72	7500	3008
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1380	61

Item	Descripción	Perfil	Peso (Kg/m)	Cantidad	Longitud (mm)	Peso Total (Kg)
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	144	1380	236
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	230	7
6	Tensores TS-1	$\phi 3/8"$	0,56	24	2328	31
7	Contravientos Cv-1	$\phi 5/8"$	1,56	8	9312	116
8	Contravientos Cv-2	$\phi 5/8"$	1,56	8	8680	108
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	8	7857	287
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,87 5	170		319
TOTAL =						7383
AREA						600 m ²
PESO PROPIO						12.31 Kg/m ²

Fuente: (Jimenez Camacho, 2010)

Una vez conocido el peso propio de la cubierta, se procede al cálculo de las áreas que esta carga a las vigas aéreas, en tal sentido estas áreas de distribuyeron de forma proporcional a las vigas adyacentes, en la figura 30 se muestra el reparto de estas áreas, y en la tabla 17 se muestra el cálculo de los pesos que recibe cada uno de estos elementos estructurales.

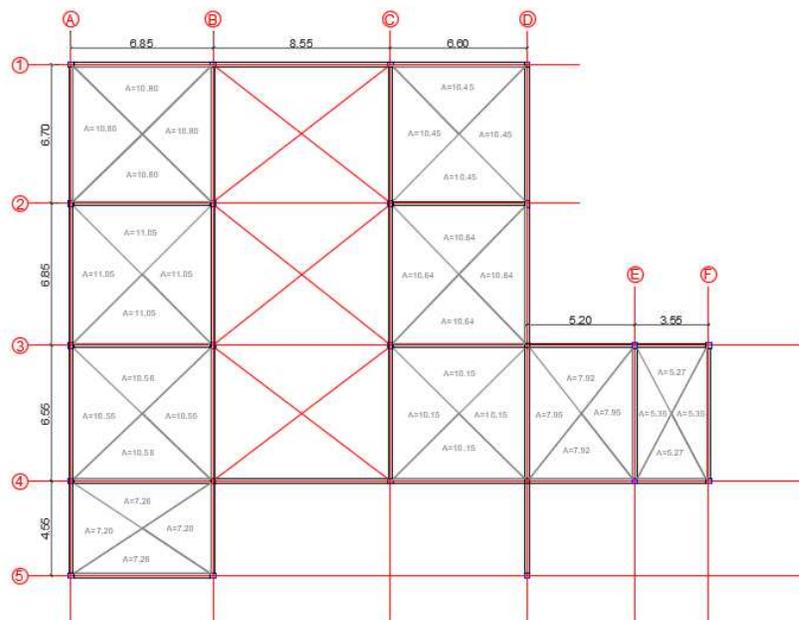


Figura 30 Reparto de áreas de cubierta. Fuente: Autores, 2020.

Tabla 14
Carga de las vigas aéreas transferida por cubierta.

Viga	Entre ejes	Área (m²)	Peso (Kg)	Longitud (m)	Carga lineal (Kg/m)
1	1 A-B	10,8	132,948	6,85	19,408
2	1 B-C	0	0	8,55	0,000
3	1 C-D	10,45	128,6395	6,6	19,491
4	A 1-2	10,8	132,948	6,7	19,843
5	B 1-2	10,8	132,948	6,7	19,843
6	C 1-2	10,45	128,6395	6,7	19,200
7	D 1-2	10,45	128,6395	6,7	19,200
8	2 A-B	21,85	268,9735	6,85	39,266
9	2 C-D	21,09	259,6179	6,6	39,336
10	A 2-3	11,05	136,0255	6,85	19,858
11	B 2-3	11,05	136,0255	6,85	19,858
12	C 2-3	10,64	130,9784	6,85	19,121
13	D 2-3	10,64	130,9784	6,85	19,121
14	3 A-B	21,61	266,0191	6,85	38,835
15	3 C-D	20,79	255,9249	6,6	38,777
16	3 D-E	7,92	97,4952	5,2	18,749
17	3 E-F	5,25	64,6275	3,55	18,205
18	A 3-4	10,55	129,8705	6,55	19,828
19	B 3-4	10,55	129,8705	6,55	19,828
20	C 3-4	10,15	124,9465	6,55	19,076
21	D 3-4	18,1	222,811	6,55	34,017
22	E 3-4	13,3	163,723	5,2	31,485
23	F 3-4	5,35	65,8585	3,55	18,552
24	4 A-B	17,84	219,6104	6,85	32,060
25	4 B-C	0	0	8,55	0,000
26	4 C-D	10,15	124,9465	6,6	18,931
27	4 D-E	7,92	97,4952	5,2	18,749
28	4 E-F	5,27	64,8737	3,55	18,274
29	A 4-5	7,2	88,632	4,55	19,480
30	B 4-5	7,2	88,632	4,55	19,480
31	5 A-B	7,26	89,3706	6,82	13,104
32	D 3-4	0	0	4,55	0

Fuente: Autores, 2020.

Una vez obtenido el valor de la carga lineal que tendrán las vigas aéreas de la estructura, se realizó la asignación de cargas, en la figura 31 se muestra la distribución y sentido de las cargas aplicadas en el pórtico.

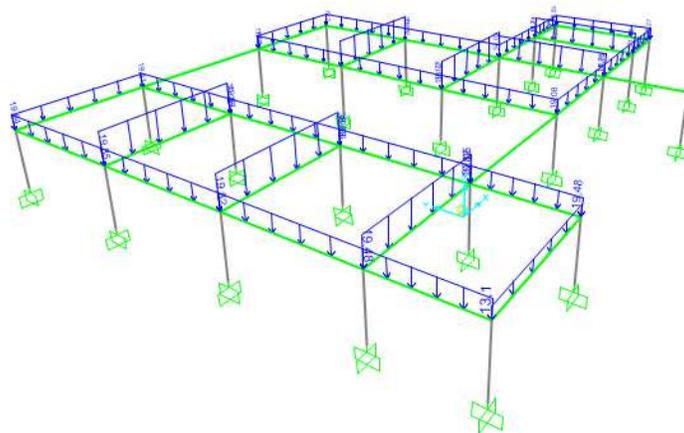


Figura 31 Distribución de cargas de cubierta. Fuente: Autores, 2020.

El diagrama de momentos generado por las cargas axiales de la cubierta es mostrado en la figura 32, en la que se puede observar un momento máximo de 1.367 KN-m en la viga 3 C-D, un valor relativamente pequeño, esto dado que las cargas de cubierta no representan valores altos.

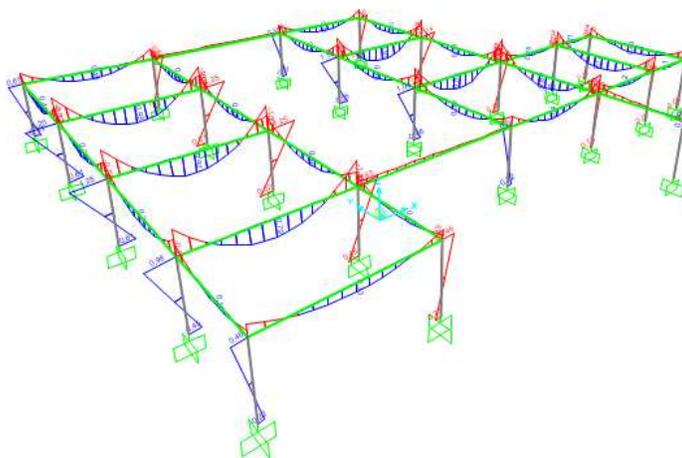


Figura 32 Diagrama de momento en las vigas del pórtico. Fuente: Autores, 2020.

El cálculo de la cantidad de acero requerido fue realizado mediante el análisis del software, teniendo en cuenta las características del concreto, el cual tiene una resistencia a la compresión de 21 MPa y el acero de 420 MPa, en la figura 33 se muestra la cantidad de acero requerido en cm^2 por viga, mostrando un valor máximo de 0.337 cm^2 .

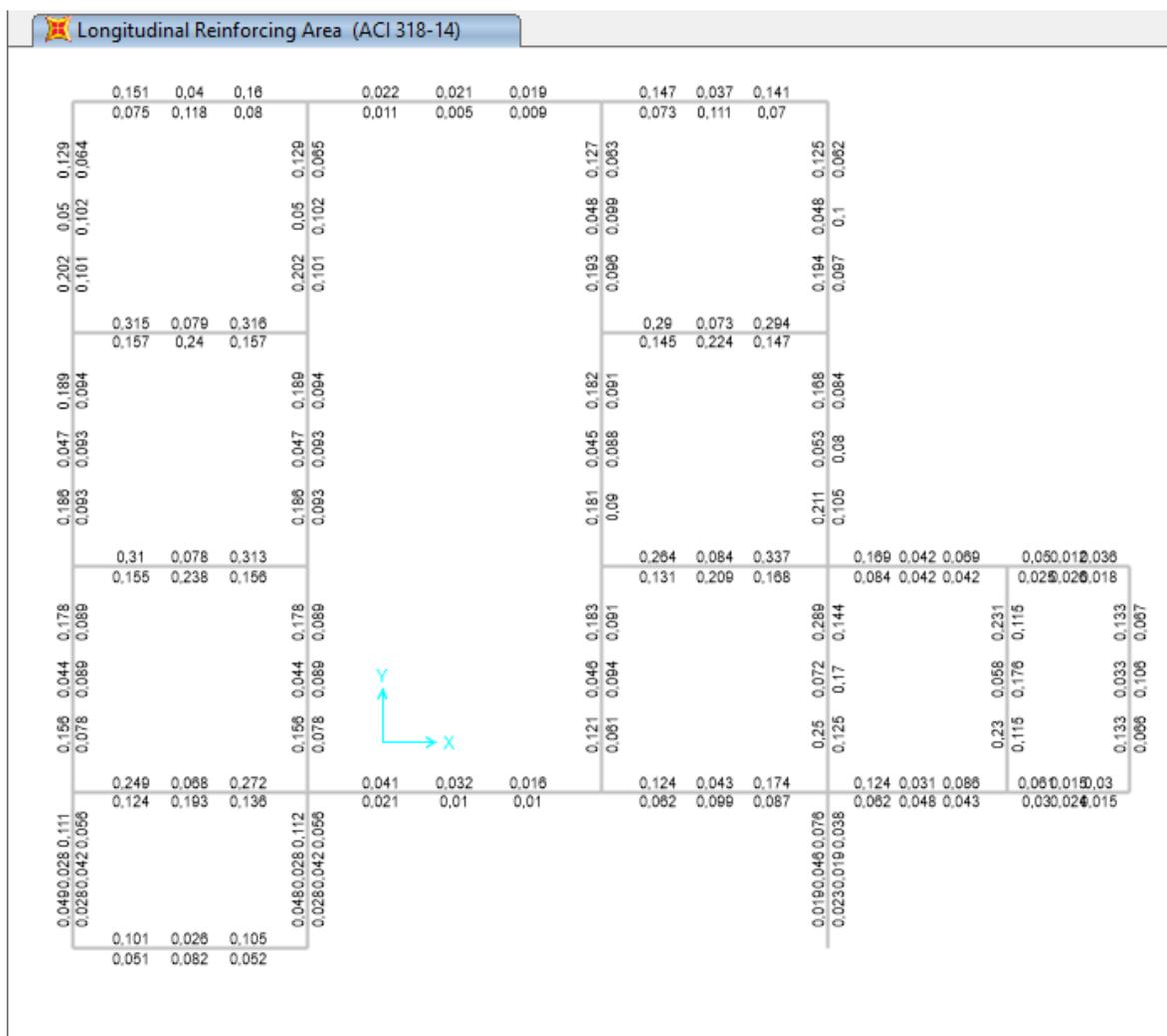


Figura 33 Área de acero requerida de vigas aéreas. Fuente: Autores, 2020.

Ahora bien, el área mínima de acero a flexión está dada por $A_{smin}=0.00333*b*d$; siendo $b=20$ cm; $d=20.99$ cm. Entonces $A_{smin}=1.385$ cm², con lo cual el diseño de las vigas está supeditado por el área mínima de acero. Las barras de 1/2" de diámetro tienen un área neta de acero de 1,29 cm², con lo cual para cumplir con el área mínima se necesitan 4 barras de 1/2" que dan como resultado 5,16 cm². En la figura 34 se muestra el despiece de la viga en el eje A.

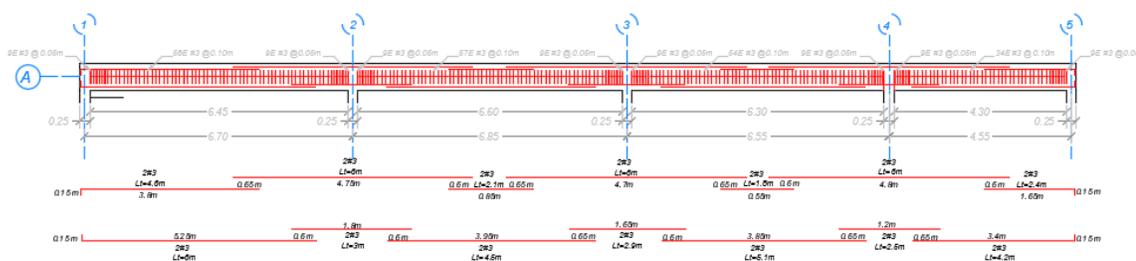


Figura 34 Despiece de la viga en el eje A. Fuente: Autores, 2020.

Diseño de columnas

El diseño de las columnas del pórtico de la presente estructura se basó en las cargas de cubiertas y las reacciones de las vigas, con lo cual se obtiene del modelado de la estructura un valor de acero de 6.25 cm², dado que las cargas aplicadas no superan la cuantía mínima de 1%, en la figura 35 se muestra el valor del área de acero requerido por las columnas de la estructura.

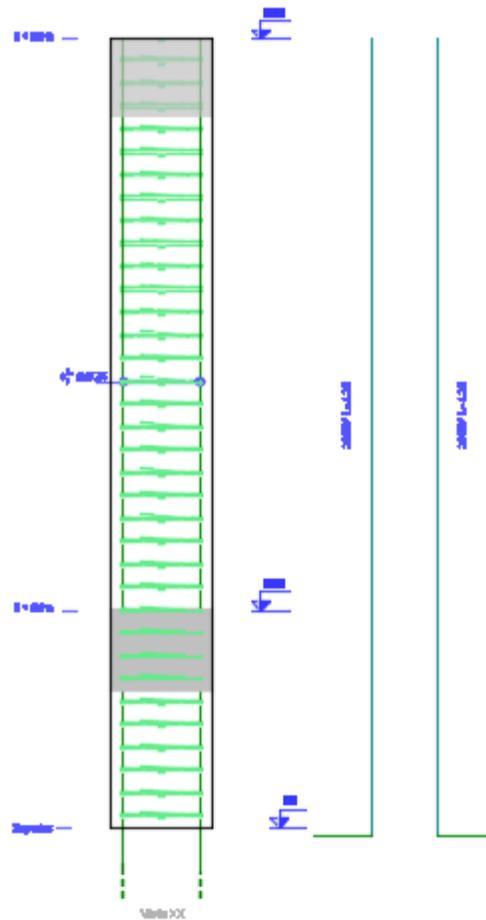


Figura 36 Despiece de columna tipo. Fuente: Autores, 2020.

Diseño de Zapatas

Las zapatas aisladas se diseñaron cuadrados con espesor constante, que se refuerzan en las dos direcciones y soportan de forma adecuada las pequeñas cargas transmitidas por la estructura. Las cargas que tiene que soportar la zapata están dadas por la fuerza axial que contiene la columna, por lo cual para en este diseño se contempló la reacción en eje Z, en la figura 37 se muestra las reacciones de las columnas.

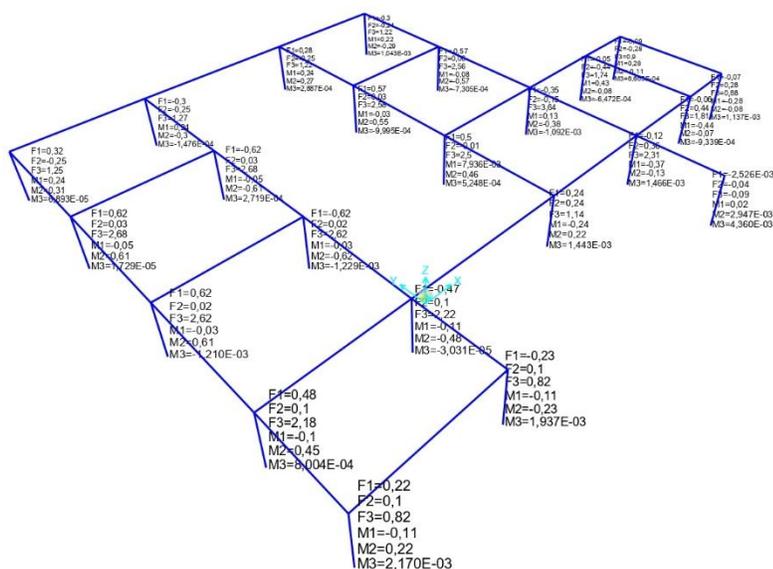


Figura 37 Reacciones en los apoyos de la estructura. Fuente: Autores, 2020.

Luego de la verificación de cada uno de los apoyos se encontró que la reacción máxima es de 3.639 KN, con este dato que corresponde a la carga axial de la cubierta, en la tabla 18 se muestra los datos iniciales.

Tabla 15
Datos iniciales de diseño de zapata.

Zapata	3-D
PD	3,639
PL	0
Columna	0,25*0,25
a (m)	0,25
b(m)	0,25
$F'c$ (Mpa)	21
f_y (Mpa)	420
σ_{adm} (KN/m ²)	195
Df (m)	1

Nota: a: GoeTec, 2019, Fuente: Autores, 2020.

En la tabla 19 se muestra el diseño de la geometría de la zapata, la cual da una longitud de 0.15m, una sección muy pequeña debido a que las cargas aplicadas son relativamente bajas, dado esto se optó por una sección de 0.4 m de longitud.

Tabla 16
Diseño de la geometría de la zapata.

W (KN)	3,639
W Zapata (KN)	0,32751
Wtotal (KN)	3,96651
Área de la Cimentación (m ²)	0,02239385
L (m)	0,15
PresiónÚltima (Pu) ENVOLVENTE	4,3668
σ_{uneta} (KN/m ²)	194,08

Fuente: Autores 2020.

La revisión a cortante, al punzonamiento y al aplastamiento son mostrados en la tabla 20.

Tabla 17
Verificación de la geometría de la zapata.

Revisiónporcortante		Punzonamiento	
h (m)	0,25	Bo	0,419
d (m)	0,169	Vup	0,10617465
qu (m)	10,917	Vupdistribuido	1,49940896
Vu (KN)	-1,026198		
Vu Distribuido (KN)	-15,18	Aplastamiento	
Vuc (KN)	584,278	Fuerza de aplastamiento	725,15625
	CUMPLE	Relación de áreas	0,26457513
Vu Dos Direcciones	-	Relación de áreas real	0,26457513
	3,235826093	Verificación	CUMPLE

Fuente: Autores.

El diseño a flexión de la zapata se muestra en la tabla 21, en la cual se definió una separación de 13cm de acero de #3 para las dos direcciones. Así mismo en la figura 38 se muestra el despiece del modelo de zapata aislada utilizado en la estructura.

Tabla 18

Diseño a flexión de la zapata

<i>Diseño a flexión</i>	
$M_u(KN)$	0,030704063
$M_n(KN)$	0,034115625
R_n	2,43594E-05
$\rho_{calculada}$	7,73315E-08
$\rho_{Diseño}$	0,0018000
$A_s(cm^2)$	1,2168
Cant Barras (3/8")	2
Sep (m)	0,13
Acero	1 No 3 @ 0,13
$A_s\ real(cm^2)$	2,58

Fuente: Autores.

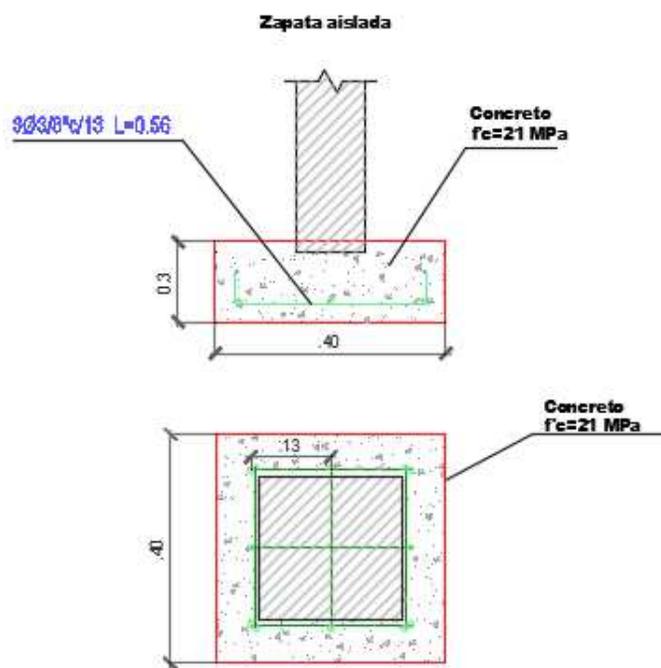


Figura 38 Despiece de zapata aislada. Fuente: Autores, 2020.

4.4.3 Síntesis y comentarios adicionales.

Las patologías en ingeniería se definen como los estudios y características de las fallas que puede sufrir una estructura por un evento de la naturaleza o por el uso. Por lo tanto, como ingenieros debemos llevar un control para evaluar las condiciones en las que se encuentra cada una de las estructuras, y plantear la posible solución según sea el caso.

Las patologías deben ser evitadas en toda obra, pero en caso contrario, realizando controles y evaluaciones, deben ser corregidas y controladas, considerando que los defectos de estas construcciones tan importantes proporciona como resultado altas vulnerabilidades, dejando las estructurales escolares como lo es en este caso de la investigación, expuesta a sufrir daños materiales como humanos.

Las patologías que se han encontrado en las escuelas estudiadas son llamativas a simple vista, aparte de ser un lugar donde habita diariamente multitud de estudiantes y docentes, tendría que tener la observación y el control constante de las autoridades encargadas, brindando seguridad y confort, certificando la calidad de los materiales y la seguridad de cada integrante.

En la escuela Adolfo Milanés no presenta fallas estructurales a simple vista. Esta escuela cuenta con una construcción elaborada en tapia pisada, con cubierta en madera y teja de barro, de un solo nivel. Las paredes se encuentran actualmente en buen estado. El espacio escolar ha tenido remodelaciones mejorando la estructura y el ambiente para los estudiantes.

Tiene deficiencia en el área sanitaria, donde hay fallas en la cubierta de los baños, y en los acabados del piso. En nuestra consideración entre las tres escuelas a estudiar esta cuenta con el nivel más bajo de riesgo. En la tabla 22, se resumen las principales patologías encontradas:

Tabla 19
Patologías escuela Adolfo Milanés.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA
Pisos	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamientos diferenciales - Humedades - Empozamiento - Agrietamiento 	
COLUMNAS	<ul style="list-style-type: none"> - Estado optimo 	
Muros	<ul style="list-style-type: none"> - Fisuras leves - Perdidas ligeras de material - Humedades 	
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> - Inadecuada canalización de aguas lluvias 	

Fuente: Autores, 2020

La escuela David Haddad Salcedo, cuenta con una construcción antigua realizada en tapia pisada, y cubierta en madera y teja de barro, de un solo nivel. Conserva ventanas y puertas antiguas en vano con dintel. Columnas que sostienen los patios elaboradas en madera. Posee una problemática actual donde el área de la biblioteca se ve comprometida estructuralmente por una construcción que fue hecha por una persona inadecuada donde no tomó permisos por parte de las entidades, ni mucho menos hizo aviso a la institución y construyó una casa sobre las paredes de tapia pisada ubicada específicamente sobre la biblioteca, donde actualmente los niños de la institución no pueden hacer uso de esta área por miedo a correr el riesgo de una falla estructural. La escuela cuenta con remodelaciones en el área sanitaria y una construcción adicional de tres aulas de clases. Esta escuela es considerada por nuestros estudios y análisis visual con un alto riesgo. En la tabla 23 se resumen las principales patologías encontradas:

Tabla 20

Patologías escuela David Haddad Salcedo.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA
Pisos	- Adecuado	
Columnas	<ul style="list-style-type: none"> - Hormigueos - Oquedades - Fisuras leves 	

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA
Muros	<ul style="list-style-type: none"> - Humedades - Eflorescencias - Perdida de material - Grietas leves 	
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> - Descomposición de cerchas de madera 	

Fuente: Autores, 2020.

La escuela de nuestra señora de la Torcoroma, cuenta con una construcción elaborada en mampostería no reforzada, llamada ladrillo a la vista, de un solo nivel. A simple vista se puede ver que no cuenta con columnas, simplemente cuenta con vigas de amarre en la cimentación y en la parte superior, consideramos por nuestros estudios y análisis visual esta escuela se encuentra en un alto riesgo, ya que presenta grietas y fallas en las paredes, el área sanitaria y administrativa se encuentra prácticamente con acceso restringido por miedo a un desplome. La cubierta fue remodelada por una estructura en acero, las ventanas y paredes de la escuela están hechas en metal. En la tabla XX, se resumen las principales patologías encontradas.

Tabla 21

Patologías escuela Nuestra señora de la Torcoroma.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA
Pisos	<ul style="list-style-type: none"> - Hundimientos - Grietas - Empozamiento 	
Columnas	<ul style="list-style-type: none"> - Ausentes 	
Muros	<ul style="list-style-type: none"> - Grietas - Perdida de material - Humedades 	
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> - Deterioro - Goteras - Oxidación de cerchas 	

Fuente: Autores, 2020.

Es imposible controlar todos los factores anteriores durante las etapas de diseño, construcción y ocupación de los edificios. Sin embargo, considerar estos factores y minimizar su efecto definitivamente reducirá la cantidad y la necesidad de mantenimiento. Para evitar o minimizar las fallas de estructura debemos aprender de los errores que otros han cometido por cualquier motivo. La lección aprendida de las fallas estructurales pasadas se analiza a continuación:

- El diseño debe ser verificado manualmente por varios diseñadores antes de que sea lanzado para la construcción.
- El supervisor del lugar debe garantizar el control de calidad del material y la construcción, la excelente mano de obra y el trabajo de acuerdo con el dibujo.
- Se debe mantener la integridad y continuidad en la construcción de tal manera que forme una ruta de carga continua entre los cimientos y todos los niveles de diafragma.
- Debe proporcionarse un espacio suficiente para evitar la proximidad o el efecto de golpes.
- Se debe garantizar un refuerzo adecuado de acuerdo con el área de la sección transversal del miembro estructural. También se debe proporcionar refuerzo de temperatura para anular la congelación y descongelación.
- Debe emplearse un muro de corte para aumentar la rigidez en la dirección principal.
- Para evitar el efecto de columna corta, se debe prestar la debida atención al diseñar estos miembros.

Conclusiones

De las tres instituciones analizadas, mediante el diagnóstico estructural se pudo establecer que al ser edificaciones que se han ido construyendo en diferentes periodos, poseen diferentes fases constructivas, las más antiguas constituidas por un sistema constructivo en tapia, y mediante remodelaciones recientes se han realizado ampliaciones a partir de mampostería confinada. En este sentido, también se identificaron diferentes patologías que afectan las edificaciones y consisten en:

La escuela Adolfo Milanés presenta asentamientos diferenciales perceptibles en algunos elementos de mampostería, además de presentar fisuras y descascaramientos de los pisos, respecto a las columnas no hay un daño visible al igual que en los muros, solo requieren de mantenimiento rutinario. En la zona de la cubierta hay un manejo inadecuado de la recolección del agua lluvia, que puede repercutir en la aparición de humedades en los muros, por lo cual es necesaria la instalación de bajantes de agua.

La escuela Jesús Haddad Salcedo mantiene un buen aspecto de los muros en tapia, y en general esta estructura solo posee algunos deterioros superficiales de la pintura, ahora bien, la parte construida en mampostería estructural posee algunos errores constructivos visibles en superficies porosas en columnas y vigas, producto de un inadecuado vibrado, aspecto que puede repercutir en la resistencia y estabilidad de estos elementos. Adicionalmente un asunto importante que debe ser atendido de forma inmediata es la construcción de una placa sobre uno de los salones, sin los respectivos soportes en columnas, es decir se apoya directamente sobre los

muros de tapia pisada. En la cubierta debido a algunas filtraciones de agua, se han deteriorado algunas cerchas de madera las cuales deben ser reemplazadas.

La escuela Nuestra Señora de la Torcorama es la más crítica de las tres instituciones analizadas, pues no cuenta con ningún tipo de confinamiento de muros, o sistema de pórticos, por lo cual los muros ya presentan daño grave por esfuerzos cortantes, que han ocasionado grietas considerables, y algunos muros están próximos a desplomarse. Es por ello que fue necesario realizar un rediseño de toda la edificación.

Adicionalmente mediante la evaluación estructural de los elementos en concreto, el cual se realizó con la prueba del esclerómetro, se identificó que las resistencias promedio en las edificaciones de la escuela Jesús DavidHaddad Salcedo y Nuestra señora de la Torcoroma son inferiores a las requeridas, con valores entre 14.23 MPa y 17.76 MPa, para el caso de la escuela Adolfo Milanés, se obtuvieron valores mayores que en promedio fueron de 21.4 MPa.

Respecto a los costos de las medidas de intervención para la rehabilitación de las edificaciones, para las escuelas Adolfo Milanés y Jesús DavidHaddad Salcedo estas medidas consisten principalmente en la demolición y reconstrucción de secciones de los pisos, reparación superficial del pañete de muros y aplicación de pintura. Para estas dos escuelas los costos correspondientes son de \$12.079.508 y \$ 8.898.228 respectivamente.

Para el caso de la escuela Nuestra Señora de Torcoroma el costo es muy superior debido a que se contempló el escenario de la reconstrucción de toda la estructura, por lo cual los costos ascienden a \$ 228.41.611.

Finalmente como parte del informe técnico entregado a las instituciones, se muestra el análisis y evaluación de la estructura, en el cual se hizo una identificación general de cada escuela, el grupo de uso, número de niveles, topografía y aspectos relacionados con la ubicación. Posteriormente se mostró el análisis y evaluación de las patologías presentadas y las afectaciones que estas generan.

Recomendaciones

- Realizar un mantenimiento rutinario y de carácter preventivo, para evitar la aparición de patologías que puedan afectar la funcionalidad de la edificación.
- Desarrollar adecuado procesos constructivos en las fases posteriores de construcción que se tengan consideradas para las diferentes instituciones.
- Realizar un seguimiento y control adecuado de la implementación de las acciones para la solución o mitigación de las afectaciones patológicas de las estructuras.
- Elaborar un manual para el mantenimiento de las edificaciones escolares.

Referencias

- Agudelo, J. A. (13 de Marzo de 2017). Estructurando. Obtenido de <http://estructurando.net/2017/03/13/sabes-cual-fue-el-primer-invento-en-hormigon-armado-la-respuesta-te-sorprendera/>
- ARQUBA. (2016). Definicion de inspeccion. Obtenido de Definicion de inspeccion: <https://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/definicion-de-inspeccion/>
- Caro, C. J. (s.f.). Historia del Colegio Jose Eusebio Caro.
- Caro, L. N. (2009). Desarrollo, ejecución y presentación del proyecto de investigación.
- Colombia, M. d. (2019). Datos SIET. Obtenido de Datos SIET: https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-353023.html?_noredirect=1
- Diéguez-Cruz, I. R. (01 de 2011). DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS IMS DE 18 NIVELES DEL. Obtenido de DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS IMS DE 18 NIVELES DEL: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181317871005.pdf>
- FOPAE-ASIS. (2011). GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES. Recuperado el 06 de Febrero de 2020, de GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: file:///C:/Users/UFPSO/Downloads/Guia_patologias_constructivas_estructurales_no_estructurales.pdf
- Helene, P. (23 de 03 de 2005). Manual de rehabilitacion de estructuras de hormigon. Recuperado el 06 de Febrero de 2020, de Manual de rehabilitacion de estructuras de hormigon: <file:///C:/Users/UFPSO/Downloads/Manual-Rehabilitacion-de-Estructuras-Hormigon-Reparacion-Refuerzo.pdf>

Macías-Martínez, M. (11 de 2010). DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO CLUB SAN CARLOS. Obtenido de DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO CLUB SAN CARLOS: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181317871002.pdf>

MARTÍN, R. L. (22 de 02 de 2012). HISTORIA DE LA ESCUELA Y CULTURA ESCOLAR.: Obtenido de HISTORIA DE LA ESCUELA Y CULTURA ESCOLAR.: https://institucional.us.es/revistas/cuestiones/22/art_1.pdf

Monica Pérez Bayona, C. P. (2012). Patología estructural y funcional de edificio universitario. Obtenido de Patología estructural y funcional de edificio universitario: <http://revistas.ufps.edu.co/index.php/ringenio/article/view/22>

Morales, B. C. (18 de 02 de 2017). Identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del municipio de Santa Rosa de Cabal (sector educativo). Obtenido de Identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del municipio de Santa Rosa de Cabal (sector educativo): <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/handle/123456789/1401>

Oscar M. Gonzales, F. R.-V. (2005). Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado. México: Limusa.

Osorio, J. D. (2018). Grupo Argos . Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoryid/178/categoryname/concreto/historia-del-concreto-y-del-cemento>

Pérez, W. A. (02 de 10 de 2017). Estudio de patología estructural institución educativa Enrique Millán Rubio. Obtenido de Estudio de patología estructural institución educativa Enrique Millán Rubio: <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/handle/123456789/1268>

Pfenniger, F. (2007). Arquitectura + acero. Obtenido de <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/steel-deck-o-losa-colaborante>

Portafolio. (3 de Mayo de 2018). Portafolio.co. Obtenido de <https://www.portafolio.co/negocios/metaldeck-se-sometio-a-una-prueba-de-economia-y-calidad-516556>

Segura, N. A. (26 de 09 de 2004). San Bartolomé 400 años. Periódico el Tiempo.

Servicio Nacional de Aprendizaje, S. (2003). Guia de estudio Losas de entrepiso. Medellin.

Sismica, A. C. (Mayo de 2002). Guiatecnica para la inspeccion de edificaciones despues de un sismo. Recuperado el 06 de Febrero de 2020, de Guiatecnica para la inspeccion de edificaciones despues de un sismo:

<file:///C:/Users/UFPSO/Downloads/Manual%20y%20gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20inspecci%C3%B3n%20de%20edificaciones%20despu%C3%A9s%20de%20un%20sismo.pdf>

SOLFITEN. (10 de ENERO de 2019). SOLFITEN . Obtenido de

<https://www.solfiten.com/historia/>

UFPSO. (2017). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Recuperado el 03 de ABRIL de 2017, de Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña:

<https://uvirtual.ufps.edu.co/course/view.php?id=371>

Wikipedia. (10 de Septiembre de 2019). Wikipedia Enciclopedia Libre . Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Losa_aligerada_bidireccional

APÉNDICES

Apéndice a. Localización de las escuelas objeto de estudio

Apéndice b. Plano arquitectónico de las escuelas

**Apéndice c. Despieces Estructurales de la escuela Nuestra señora de
Torcoroma**