

**PASANTIA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO 2019 - ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL INSTITUCIÓN
EDUCATIVA SANTA JUANA DE LESTONNAC DOSQUEBRADAS**

**DANIEL RIVERA GIRALDO
JUAN DIEGO TIBAQUIRA ARTUNDUAGA**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA - RISARALDA
2020**

**PASANTIA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO - ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL INSTITUCIÓN EDUCATIVA
SANTA JUANA DE LESTONNAC DOSQUEBRADAS**

**DANIEL RIVERA GIRALDO
JUAN DIEGO TIBAQUIRA ARTUNDUAGA**

**ASESOR:
Ing. ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA - RISARALDA
2020**

Tabla de contenido

Resumen.....	6
1. Introducción	7
2. Situación problema y pregunta de investigación	9
2.1 Situación problema.....	9
2.2 Pregunta de investigación.....	10
3. Justificación	11
4. Alcance e hipótesis de investigación	12
4.1 Alcance de investigación.....	12
4.2 Hipótesis de investigación.....	12
5. Objetivos	13
5.1 Objetivo general	13
5.2 Objetivos específicos.....	13
6. Marco referencial	14
6.1 Marco de antecedentes	14
6.2 Marco teórico	16
7. Metodología	24
7.1 Enfoque investigación y tipo de estudio	24
7.2 Matriz de diseño metodológico	24
7.3 Fases y resultados.....	25
8. Investigación	26
8.1 Inspección visual	26
8.2 Ensayos no destructivos	38

8.3 Levantamiento edificación.....	45
8.4 Modelación estructural.....	48
9. Resultados.....	57
10. Recomendaciones.....	58
11. Conclusiones.....	60
12. Bibliografía.....	62

Lista de figuras

Figura 1: Muros sin confinar.....	27
Figura 2: Elementos estructurales no continuos.....	27
Figura 3: Deterioro fachada.....	28
Figura 4: Acero expuesto.....	29
Figura 5: Unión entre columna y viga.....	30
Figura 6: Acero expuesto.....	31
Figura 7: Deterioro vigas.....	32
Figura 8: Problemática columnas.....	33
Figura 9: Columnas cortas.....	34
Figura 10: Viga corta.....	34
Figura 11: Elementos metálicos.....	35
Figura 12: Elementos metálicos.....	36
Figura 13: Cerchas en madera.....	37
Figura 14: Tabla fuerza compresiva.....	38
Figura 15: Ejemplo esclerometria.....	39
Figura 16: Vista superior.....	46
Figura 17: Vista frontal.....	47
Figura 18: Vista 3D.....	47
Figura 19: Creación modelo.....	49
Figura 20: Aceleración espectral del suelo.....	50

Figura 21: Concreto 21 MPa.....	51
Figura 22: Elementos estructurales.....	52
Figura 23: Estructura delineada	52
Figura 24: Asignación de apoyos.....	53
Figura 25: Casos de carga.....	53
Figura 26: Chequeo de derivas	54
Figura 27: Columna excede el límite	55
Figura 29: Esfuerzo máximo de torsión excedido	55
Figura 30: Derivas corregidas.....	56

Lista de tablas

Tabla 1: Antecedentes.....	14
Tabla 2: Matriz de diseño metodológico.	25
Tabla 3: Fases y resultados investigación.....	25
Tabla 4: Datos iniciales columna 1	40
Tabla 5: Datos iniciales columna 2.....	40
Tabla 6: Datos iniciales viga 1.....	41
Tabla 7: Datos iniciales columna exterior 2	42
Tabla 8: Datos iniciales columna exterior 2	42
Tabla 9: Datos iniciales columna exterior bloque 1.....	43
Tabla 10: Datos iniciales viga perimetral bloque 1.	44
Tabla 11: Resumen datos ferro escáner.	45
Tabla 12: Parámetros iniciales estructura.	48
Tabla 13: Parámetros de aceleración de suelo.	49

Resumen

En esta investigación se ven aplicados los conocimientos adquiridos en la pasantía internacional en la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM; se realiza un estudio de las patologías estructurales presentes en la Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac.

El objetivo de esta investigación es el determinar las diferentes patologías en la institución educativa, por medio de la realización de ensayos no destructivos y la inspección visual. Durante la investigación se encuentran, patologías provenientes del deterioro de la edificación y se encuentran afectados tanto en elementos estructurales, como no estructurales.

Una vez determinadas las patologías presentes, se dan las recomendaciones para que estas sean corregidas, con el fin de evitar daños a la estructura y su funcionamiento. Cabe resaltar que este estudio fue realizado en esta edificación ya que al ser una institución educativa pertenece al grupo III de la NSR-10, lo cual indica que es una edificación esencial y es por esta razón que debe estar en buen estado.

La investigación se divide en las diferentes visitas de campo realizadas, donde se recolecto información de la edificación, se realiza levantamiento de las construcciones, se aplican los ensayos no destructivos y se toma registro fotográfico; posteriormente se procede a procesar la información y se obtienen los planos de la edificación, el modelo estructural de la misma y las medidas de intervención a realizar.

Palabras clave: Patología, Estructura.

1. Introducción

Esta investigación se realiza en la Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac, la cual está localizada en el barrio la pradera, diagonal 21 transversal 22 del municipio de Dosquebradas, fue construida en el año 1996 y está adecuada para albergar alrededor de 500 estudiantes.

Los estudios patológicos tienen el objetivo de poder observar y evaluar el verdadero estado estructural de una edificación y de acuerdo a estas observaciones tomar decisiones pertinentes que refuercen y hagan segura la estructura. Teniendo presente que este estudio se realiza en una institución educativa, dada su clasificación en la NSR-10, no deber colapsar ante evento sísmicas y es por esto que debe permanecer en buen estado tanto estructural como funcionalmente.

Las distintas lesiones que las edificaciones presentan hacen que los constructores comiencen a interrogarse por el diagnóstico de estas y por las distintas técnicas y métodos para la recuperación y rehabilitación de las estructuras construidas.

Con el transcurrir del tiempo, dado por el deterioro o por malos procesos constructivos, toda edificación tiende a verse afectada y a ver comprometida su estabilidad. Dadas las características de la patología encontrada en algunos casos las estructuras deben tener un mantenimiento, en otros ser reforzadas, en casos un poco más agresivos existe la necesidad de construir elementos estructurales y en casos extremos se decide demoler dichas edificaciones por la gran amenaza que representaban.

Este proyecto investigativo pretende determinar el verdadero estado estructural de la Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac, basándose en la realización de ensayos no destructivos (esclerometría y ferro escáner), inspecciones visuales y verificación estructural mediante el programa ETABS. Mostrando las falencias que tiene la edificación y para las cuales se muestran las medidas a ser realizadas.

Esta propuesta investigativa sirve de punto de partida para la realización de estudios de patología estructural en las diferentes edificaciones indispensables del municipio de Dosquebradas, también muestra el verdadero estado de la Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac y las medidas que deben tomarse al respecto.

2. Situación problema y pregunta de investigación

2.1 Situación problema

La zona geográfica donde se encuentra localizada la Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac es una de las zonas sismicidad alta del país, lo cual indica que se deben considerar parámetros más estrictos con el fin de no presentar daños a casusa de un evento sísmico.

Las edificaciones construidas antes de la Norma Sismo Resistente NSR-10 son más propensas a presentar falencias estructurales y/o que los procesos constructivos utilizados no sean los adecuados haciendo la estructura más vulnerable en caso de un evento sísmico.

Factores como el uso, el paso del tiempo, malos procesos constructivos y la falta de manteamiento hacen que una edificación esté propensa a sufrir lesiones tanto estructurales como no estructurales, que comprometen la estabilidad y funcionalidad de la estructura. Una edificación con problemas estructurales es más vulnerable ante los eventos sísmicos.

La Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac pertenece al grupo III de la Norma de Sismo Resistencia NSR-10 lo cual traduce que es una edificación indispensable, lo que establece que en caso de ocurrencia de un sismo o evento natural no debe colapsar.

A medida que las edificaciones tienen mayor edad o tiempo de construcción tienden a verse deterioradas y empiezan a mostrar problemas estructurales en elementos como muros, columnas, vigas, pisos, entre otros. Estos deterioros o daños comprometen el estado de una edificación y su funcionalidad.

Malos procesos constructivos, pueden ocasionar deterioro de elementos estructurales, pérdida de resistencia de la estructura, hundimientos, humedades, fisuras, grietas y en casos extremos colapsos.

La edificación fue construida en el año 1996 y es necesario verificar el estado actual de la edificación. Esta edificación presenta diferentes características estructurales las cuales la hacen más vulnerable como: secciones de diferentes alturas, es irregular en cuanto a planta y presenta diferentes sistemas constructivos, como mampostería estructural y muros confinados.

2.2 Pregunta de investigación.

Por lo que se planteado con anterioridad y debido a la necesidad de conocer el verdadero estado estructural de la edificación con el fin de tomar medidas correctivas, se plantea la pregunta de investigación:

¿Cuáles es el estado estructural de la Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac?

3. Justificación

Este proyecto es importante ya que revela el verdadero estado estructural de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac y permite la toma de decisiones frente a esta situación.

Conocer el estado estructural de las edificaciones esenciales es de gran importancia ya que son estas estructuras las que deben servir de apoyo ante la ocurrencia de un evento sísmico y no deben colapsar bajo ninguna circunstancia.

En diferentes estudios de vulnerabilidad estructural que ha participado la Universidad Libre en el sector educativo se ha podido comprobar que las diferentes edificaciones presentan problemas estructurales.

Actualmente no se conoce el verdadero estado estructural de esta edificación y el desarrollar un estudio de patología estructural se puede iniciar con un proceso de realización de estos estudios; el cual puede ser ampliado a toda las instituciones del Municipio.

Al realizar este estudio el municipio de Dosquebradas recibe una herramienta para la toma de decisiones en las edificaciones indispensables y estar más preparados ante los eventos sísmicos.

4. Alcance e hipótesis de investigación

4.1 Alcance de investigación

La investigación se realiza en la institución educativa Santa Juana de Lestonnac, en la cual se realizan todos los ensayos e inspecciones visuales. A continuación se habla acerca de la edificación.

La institución educativa Santa Juana de Lestonnac está localizada en barrio la pradera, diagonal 21 transversal 22 de Dosquebradas, fue construida en el año 1996 y cuenta con diferentes secciones algunas de dos pisos y otras de un piso.

El lugar esta adecuado para alrededor de 510 estudiantes, en la institución educativa se dictan clases desde grado 0 a grado 11, cuenta con jornada de la tarde y mañana. Esta institución está certificado en ISO 9001 desde el año 2006.

4.2 Hipótesis de investigación

Se plantea de acuerdo a la información previamente recolectada y al año de construcción de la edificación que esta puede tener ciertas patologías estructurales que influyan en su estructura y su funcionalidad en caso de no ser corregidas.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Determinar mediante un estudio de patología el estado de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac en el municipio de Dosquebradas y verificar si cumple con los requisitos de la NSR-10.

5.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis previo de la estructura, mediante inspecciones visuales, aplicación de fichas de caracterización, ferro escáner y levantamiento topográfico.
- Realizar un modelo estructural de la edificación en el programa ETABS y compararlo con lo estipulado en la NSR-10.
- Plantear estrategias para el mejoramiento y reforzamiento de la estructura en caso de ser necesario.

6. Marco referencial

6.1 Marco de antecedentes

En la tabla 1 se muestran las investigaciones con alguna referencia a la patología.

Tabla 1: Antecedentes

Numero	Descripción
1	La importancia de la investigación realizada Coronel & Hoyos (2019) titulada evaluación de las patologías del concreto armado en las instituciones educativas: n°11517 y Túpac Amaru del distrito de Tután – Chiclayo – Lambayeque es que se enfoca en la misma problemática y sirve como base en la forma de identificar y tratar las patologías.
2	En la investigación realizada por Parra & Vásquez (2014), titulada patología, diagnóstico y propuesta de la rehabilitación de la vivienda de la familia Bermeo Alarcón, lo más relevante de la investigación radica en la metodología y el tipo de rehabilitación escogido, el cual se toma como referencia
3	La importancia de la investigación realizada por Marín (2017) , titulada causas y soluciones de patología presente en cabaña villa Luján, ubicada en la vereda de Yayatá (Silvania) es que se toma como base las patologías que aparecen en este estudio y la forma como son identificadas
4	Lo más relevante de la investigación realizada por Saldaña (2016), titulada determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en vigas, columnas y muro de albañilería del mercado buenos aires, distrito de nuevo Chimbote, provincia del santa, región Áncash, septiembre 2016; es que se centra en las patologías de los elementos estructurales, los cuales son la principal causa de colapsos en las edificaciones cuando tienen patologías.
5	En la investigación realizada por Muñoz, Ruiz, Prieto & Ramos (2006), titulada estimación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación indispensable mediante confiabilidad estructura, lo más relevante es su enfoque a edificaciones indispensables y el manejo que realizan sobre estas el cual se toma como referencia.
6	La importancia de la investigación realizada por Tamayo, Jiménez & Reinales (2015), titulada evaluación de la Vulnerabilidad Estructural Para el Sector Educativo en el Municipio ce Dosquebradas, es que se evaluó el estado estructural de la edificación objeto de estudio y se toman como referencia lo encontrado en ella.

7	Lo más relevante de la investigación realizada por Salamanca (2015), titulada metodología para estudios de vulnerabilidad sísmica y patología estructural para edificaciones con carácter patrimonial es debido a los procedimientos realizados y su forma de aplicación.
8	En la investigación realizada por Díaz (2014), titulada protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia, lo más importante es que se toma como referencia las medidas para la realización de los estudios patológicos.
9	La importancia de la investigación realizada por Gálvez (2002), titulada propuesta de recuperación estructural de un edificio, es debido a la propuesta estructural y sus enfoques que pueden servir a cualquier tipo de proyecto donde se requiera intervenir una edificación.
10	La importancia de la investigación realizada por Cortes & Perilla (2017), titulada identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del municipio de Santa Rosa de Cabal (sector educativo), es que se centra en el mismo principio, en la identificación de las patologías estructurales en el sector educativo.
11	En la investigación realizada por Montero (2016), titulada evaluación de patologías en las Estructuras de Concreto: Aplicación a la vivienda en el sector de Misicata, lo más relevante es la forma en que son evaluadas las patologías encontradas.
12	Lo más relevante de la investigación realizada por Díaz (2014), titulada patologías más incidentes en edificios de instituciones educativas de la zona urbana de los baños del Inca, Cajamarca, es que se observan las patologías encontradas y en base a estas, se realizan las revisiones en la edificación objeto de estudio.
14	Lo más relevante de la investigación realizada por Villanueva (2018), titulada evaluación de patologías en edificaciones de cinco instituciones educativas públicas del distrito de Pimentel- Chiclayo, es debido a las patologías encontradas, las cuales se toman como referencia.

6.2 Marco teórico

6.2.1 Patología estructural

Según Villanueva (2018) la palabra patología procede de las raíces griegas pathos y lagos, y se puede definir, en términos generales, como el estudio de las enfermedades; la patología estructural es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en la edificación con posterioridad a su ejecución, sus causas, sus consecuencias y sus remedios.

Todo problema existente en una edificación tiene un proceso patológico; es decir, tiene una causa, una evolución y presenta determinados síntomas en su estado actual. Para proceder al estudio del problema se debe recorrer este camino pero en sentido inverso; es decir a partir de una lesión observable, se estudia sus características y su evolución para llegar a determinar la causa o causas que han dado origen al problema. Para ello es necesario y fundamental considerar a la estructura en cuestión como un objeto físico, compuesto por elementos con unas características geométricas, mecánicas, físicas y químicas determinadas y que pueden sufrir procesos lesivos o patológicos.

6.2.2 Tipos de lesiones y sus causas

Según Díaz (2014) las lesiones son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo, es decir el síntoma final del proceso patológico y es a partir de éstas que se inicia un estudio patológico; es por ello la importancia de conocer la tipología de las lesiones que se pueden

presentar en una edificación, para su correcta identificación, ya que en muchas ocasiones las lesiones pueden ser origen de otras y no suelen aparecer aisladas sino confundidas entre sí. Por ello además de saber identificar cada, tipo de lesión, también es conveniente hacer una distinción entre las lesiones que surgen primero y las secundarias, las que son consecuencia de las anteriores.

Debido a que la tipología de lesiones que pueden aparecer en un edificio es muy extensa, existen diversas clasificaciones, pero la más estándar consiste en agruparlas en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico, éstas son: lesiones físicas, mecánicas y químicas.

LESIONES FÍSICAS

Según FOPADE & AIS (2011) una edificación se encuentra sometida desde su construcción y a lo largo de su vida útil a diversos agentes climáticos como la lluvia, el viento, el calor, el frío, entre otros. Como resultado de la acción de estos agentes las lesiones que se producen son:

∇ **HUMEDAD:** Se produce cuando hay presencia de agua en un porcentaje mayor al considerado como normal en un material o elemento constructivo. La humedad puede llegar a producir variaciones de las características físicas de dicho material.

∇ **EROSIÓN:** Hablamos de erosión física, cuando se produce pérdida o transformación superficial de un material, ya sea total o parcial, producida por la acción destructora de

agentes atmosféricos como la lluvia, el sol y el viento. Estos deterioros se producen de manera progresiva, mediante procesos físicos.

LESIONES MECÁNICAS

Según FOPADE & AIS (2011) las lesiones mecánicas son deterioros que se manifiestan en una edificación, a causa de acciones que implican esfuerzos mecánicos sobre los elementos constructivos que componen el edificio. Los edificios y sus elementos componentes son diseñados para soportar determinados esfuerzos que producen su peso propio, cargas vivas impuestas a largo de su vida útil y los esfuerzos producidos por sismos y se espera que tengan un comportamiento adecuado; pero cuando los elementos son sometidos a esfuerzos que no han sido previstos o porque resultan superiores a los calculados, provocan movimientos, aberturas o separaciones, deformaciones y roturas que aparecen cuando al material o elemento constructivo le resulta incapaz de soportar tales esfuerzos.

Los esfuerzos mecánicos a los que pueden verse sometidos los elementos de una edificación son: cargas concentradas en exceso, la mala calidad de los materiales, tensiones provocadas por los cambios de temperatura, fallos en la cimentación y el mal uso que le pueden dar la personas. Las lesiones que se manifiestan son deformaciones, grietas y fisuras.

∇ **DEFORMACIONES:** Una deformación en un elemento constructivo se produce ya sea en el momento de su construcción o durante su etapa de servicio como consecuencia de un esfuerzo mecánico. Las formas en que se manifiesta una deformación mecánica son diversas.

- ∇ FISURAS: Son aberturas que tienen una anchura inferior al milímetro y que afectan sólo a la superficie del elemento constructivo o al acabado superficial superpuesto y se desarrollan de forma longitudinal, transversal o diagonal en relación sección de éste.

Las causas y la manera como se desarrollan difieren tanto en los elementos estructurales, no estructurales y en los acabados. Es el caso del concreto armado, gracias a su armadura tiene la capacidad para retener los movimientos deformantes y lograr que sean fisuras lo que en el caso de un muro de albañilería acabaría siendo una grieta.

- ∇ GRIETAS: Las grietas son aberturas longitudinales incontroladas y no deseadas producidas en un material o elemento constructivo, ya sea estructural (columnas, vigas, losas, muros portantes) o de simple cerramiento (muros no portantes y tabiques de albañilería).

Ponen de manifiesto la existencia de esfuerzos excesivos o a un mal comportamiento del edificio que puede ser debido a fallos de proyecto o de ejecución o a un mal uso o conservación.

Se habla de grietas cuando las aberturas existentes en un elemento estructural o no estructural, tienen más de un milímetro de ancho y afectan a todo el espesor del material o del elemento constructivo, lo que provoca la pérdida de su consistencia y la integridad del elemento.

LESIONES QUÍMICAS

Según Carreño (2005) las lesiones químicas se presentan cuando se producen reacciones químicas, entre los elementos constituyentes de los materiales y agentes externos que penetran en el material al estar expuesto al medio ambiente. Aunque éste tipo de lesiones no tiene relación alguna con las lesiones de origen físico, su sintomatología en muchas ocasiones se confunde.

El origen de las lesiones químicas suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad.

∇ **EFLORESCENCIAS:** Se trata de un proceso patológico que suele tener como causa directa previa la aparición de humedad, por causa de la infiltración de agua en los materiales, éstos contienen sales solubles que son arrastradas por el agua hacia el exterior durante su evaporación y se cristalizan en la superficie del material. Las eflorescencias se manifiestan en forma de manchas de color blanco en la superficie del material, que tienen formas geométricas que en cierto modo se parecen a flores, de ahí el nombre de la lesión.

TIPOS DE INSPECCIÓN

Según Carreño (2005) la aparición de patologías de distinta naturaleza obliga la presencia en el inmueble de uno o varios profesionales capacitados para tales fines con suficiente idoneidad para evaluar y diagnosticar la naturaleza del daño. Lo anterior quiere decir que, ante la evidencia del

daño se realiza la inspección siendo esta metodología utilizada en casos cuando probablemente los daños pueden comprometer algunas de las condiciones propias de los elementos estructurales, tales, como la resistencia, estabilidad, durabilidad entre otras.

Surge entonces la necesidad de realizar distintos tipos de inspecciones de acuerdo con el alcance que se desee señalar en una investigación, se puede distinguir las siguientes clases de inspección que se desarrollan enseguida:

- ∇ Preliminar.
- ∇ Detallada
- ∇ Especial

INSPECCION PRELIMINAR

El propósito de esta inspección es el de evaluar de manera inicial o preliminar las condiciones en que se encuentra una edificación. Se trata de recorrer el inmueble y mediante una fundamentada observación formarse una idea clara y precisa del estado general, evaluar el tipo de problemas que la afectan con lo cual, se determina si es necesario pasar a una inspección más rigurosa.

Esta inspección preliminar se realiza sin ningún tipo de equipo y se excluye la ejecución de pruebas puesto que solamente derivado de la inspección preliminar se procederá a formular una inspección más profunda o detallada, para ello se tiene en cuenta la siguiente tabla:

INSPECCIÓN DETALLADA

Cuando la inspección preliminar lo recomienda o la evidencia de los daños lo hace necesaria, se realiza un tipo de Inspección que se llama inspección detallada, por cuanto las condiciones y circunstancias presentes en la edificación exijan una exhaustiva investigación.

La inspección detallada cubre un conjunto de acciones que deben seguirse de forma secuencial y programada y cubre entre otras, las siguientes labores:

- ∇ Investigación documental.
- ∇ Inspección visual detallada.
- ∇ Levantamiento gráfico de daños.
- ∇ Recuento fotográfico.
- ∇ Planeamiento y definición de ensayos.
- ∇ Diagnóstico de patologías.
- ∇ Informe de la inspección.

INSPECCIÓN ESPECIAL

La inspección Especial está recomendada como un caso particular de patologías puntuales, cuando de manera casi repentina o súbita aparecen daños que afectan la edificación y se hace necesaria una inspección a partir de la cual se toman medidas inmediatas.

CAUSAS DE INTERVENCIÓN: PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS

Según Carreño (2005) entre las causas que pueden motivar la intervención sobre una estructura ya construida, cabe señalar las siguientes:

PROBLEMAS PATOLÓGICOS:

- ∇ Errores de diseño y/o cálculo de la estructura.
- ∇ Errores de ejecución en sus más diversas formas.
- ∇ Baja calidad de los materiales estructurales.

PROBLEMAS DE DURABILIDAD, ESPECIALMENTE DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES POR AGRESIÓN DEL AMBIENTE.

- ∇ Uso y/o mantenimiento incorrecto de la construcción.
- ∇ Acciones "imprevisibles" de carácter excepcional:
- ∇ Catástrofes naturales: terremotos, huracanes, etc.
- ∇ Accidentes: fuego, explosiones, etc.

REMODELACIÓN Y/O REUTILIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN:

- ∇ Modificación de la estructura o de su distribución de esfuerzos.
- ∇ Cambios de utilización del edificio, con incremento de las sobrecargas de uso.

7. Metodología

7.1 Enfoque investigación y tipo de estudio

7.1.1 Enfoque Investigación

El enfoque de este trabajo es el estudio patológico de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac la cual se encuentra ubicada en el municipio de Dosquebradas. El estudio patológico se realiza a la luz de la NSR – 10.

7.1.2 Tipo de estudio

El tipo de estudio es descriptivo ya que describe las características patológicas que presente la institución educativa, analizando el comportamiento y el porqué de la aparición de cada patología. También determinar las medidas de correctivas estas patologías.

7.2 Matriz de diseño metodológico

La matriz de diseño metodológico se elabora a partir de los objetivos específicos de la investigación y cumple la función de determinar que producto se obtendrán, que técnicas y que instrumento será necesario para cumplir cada objetivo específico. La matriz de diseño metodológico se muestra en la tabla 1.

Tabla 2: Matriz de diseño metodológico.

Objetivos Específicos	Producto	Técnica	Instrumento
Realizar un análisis previo de la estructura, mediante inspecciones visuales, aplicación de fichas de caracterización, ensayos no destructivos y levantamiento topográfico.	Patologías de la edificación, plano edificación.	Observación, ensayo ferro escáner, esclerómetro	Fichas y equipo de Ferro escáner
Realizar un modelo estructural de la edificación en el programa ETABS y compararlo con lo estipulado en la NSR-10.	Estructura modelada	Modelación en software	Programa ETABS
Plantear estrategias para el mejoramiento y reforzamiento de la estructura en caso de ser necesario.	Medidas de intervención	Análisis de patologías y sus causas	Computadora

Fuente: Propia

7.3 Fases y resultados

Esta investigación se desarrolla de acuerdo a las fases mostradas en la tabla 2.

Tabla 3: Fases y resultados investigación.

Fase	Descripción	Resultados
1	Visitas de campo: en esta fase se realizan las visitas de campo a la edificación acompañadas de los ensayos no destructivos.	Se obtienen las patologías existentes en la edificación. Y el plano de la edificación.
2	Comparación con la NSR-10: Se realiza un modelo estructural de la edificación en el programa ETABS y se compara con los parámetros de la NSR-10.	Edificación modelada y el estado estructural en cumplimiento con la NSR-10.
3	Medidas de Intervención: Se propondrán medidas de intervención para el reforzamiento estructural en caso de no cumplir con la NSR-10.	Medidas de reforzamiento estructural de la institución educativa.

Fuente: Propia

8. Investigación

Es este capítulo se observa la investigación desarrollada en la Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac; iniciando con las inspecciones visuales, continuando la realización de ensayos no destructivos, posteriormente con el levantamiento de la edificación y finalizando en la modelación estructural en el programa ETABS.

8.1 Inspección visual

El objetivo de la inspección visual es identificar patologías o problemáticas estructurales con un chequeo visual que indique el estado estructural de la edificación objeto de estudio. A continuación se muestran los principales hallazgos obtenidos durante las visitas a la institución educativa Santa Juana de Lestonnac.

8.1.1 Muros sin elementos de confinamiento.

Análisis: En la figura 1 se aprecia un muro que divide dos salones; este tipo de problemáticas se presentan por problemas constructivos; ya que el muro cumple la función de la separación de dos aulas. Sin embargo al no estar confinado por elementos como columnas y vigas, representa una gran problemática, ya que presenta una mayor probabilidad de volcamiento ante un evento sísmico.



Figura 1: Muros sin confinar
Fuente: Propia

8.1.2 Elementos estructurales no continuos.

Análisis: En la parte posterior de las aulas se observa que existen columnas que no tienen continuidad estructural; lo cual indica un debilitamiento estructural de la edificación; esto puede deberse a malas prácticas constructivas. Lo anterior se muestra en la figura 2.



Figura 2: Elementos estructurales no continuos
Fuente: Propia

8.1.3 Deterioro fachada

Análisis: En la fachada principal de la edificación se aprecia el deterioro de esta por agentes externos, como intemperismo, lo anterior puede deberse a dos factores principales: 1. La falta de mantenimiento de la institución educativa. 2. El segundo piso no presenta revoque lo cual deja expuesto a agentes externos los elementos estructurales. Esta problemática puede representar debilitamiento y carbonatación de los elementos estructurales y de la mampostería. Lo anterior se muestra en la figura 3. También se aprecia deterioro en la escalera que va a la segunda planta.



Figura 3: Deterioro fachada
Fuente: Propia

8.1.4 Acero expuesto en elementos estructurales

Análisis: Se aprecia el acero de elementos de confinamiento como vigas y columnas, en diferentes lugares de la institución educativa, expuesto a agentes externos. En la parte izquierda de la figura 4 se puede observar una viga con sus flejes expuestos y alto grado de corrosión; en la parte derecha de la misma imagen se puede apreciar una viga con una varilla longitudinal expuesta. Estas prácticas constructivas representan un deterioro de la estructura, la cual compromete la estabilidad de la edificación.



Figura 4: Acero expuesto.
Fuente: Propia

8.1.5 Unión entre columna y viga.

Análisis: En la unión entre una columna y viga de uno de los salones de la institución educativa se puede apreciar que existe desprendimiento de material de recubrimiento (concreto) por parte de ambos elementos estructurales; además se observa acero a la vista. Estas dos problemáticas revelan malas prácticas y la no realización de mantenimiento de la edificación. Y tienen como consecuencia el debilitamiento de los elementos estructurales y en casos extremos, en presencia de sismos, fallas estructurales en la edificación.



Figura 5: Unión entre columna y viga.
Fuente: Propia

8.1.6 Escalera de acceso al segundo piso.

Análisis: En la figura 6 se puede apreciar como en la parte inferior, de las escaleras de acceso al segundo nivel de la institución educativa, se presenta deterioro del concreto y partes expuestas a la intemperie; lo anterior debido a la falta de mantenimiento que presenta la edificación; este punto ya se evidencio en el numeral 3.1.3. Se deben realizar mantenimientos periódicos con el fin de garantizar el buen estado de la edificación y que puede seguir cumpliendo con su funcionalidad.



Figura 6: Acero expuesto.
Fuente: Propia

8.1.7 Deterioro vigas

Análisis: Se aprecia hormigueo en las vigas en diferentes partes de la edificación; se muestra pérdida de material exterior. Y como se aprecia en la parte derecha de la figura 7 se pintó la viga realizando recubrimiento del material expuesto a la intemperie. En la parte izquierda de la figura 7 se aprecia acero expuesto y oxidado, por el contacto con el medio ambiente. Esta problemática puede ser causada por la falta de vibrado en el momento del vaciado de concreto. De preferencia estas problemáticas deben ser recubiertas con el fin de evitar el deterioro del elemento estructural.



Figura 7: Deterioro vigas
Fuente: Propia

8.1.8 Problemática columnas.

Análisis: En la parte izquierda de la figura 8 se puede observar que no existe continuidad de la columna y se ve cortada antes de realizar la conexión con la viga; la parte exterior que se aprecia es revoque, ya que se distinguen los ladrillos que atraviesan. En la parte central y derecha de la figura 8 se aprecia desprendimiento de la pintura por humedad. Estas problemáticas son el reflejo de la falta de mantenimiento de la edificación.



Figura 8: Problemática columnas
Fuente: Propia

8.1.9 Elementos estructurales cortos

Análisis: En la figura 9 se pueden apreciar dos columnas que no están conectadas con ningún elemento horizontal (viga) y no están cumpliendo su función de transmitir los esfuerzos verticales al terreno. En la figura 10 se aprecian dos vigas las cuales están una encima de la otra y finalizan en el punto donde inicia la otra sin realizar una conexión estructural. En los dos casos anteriores el sistema estructural no funciona de forma monolítica.



Figura 9: Columnas cortas
Fuente: Propia



Figura 10: Viga corta
Fuente: Propia

8.1.10 Conexión elementos metálicos con elementos en concreto.

Análisis: Se presenta una cercha como viga estructural unida a las columnas, haciendo de soporte estructural de la cubierta y de elementos del cielo falso. Se deben realizar chequeos el cumplimiento de las uniones y si fueron diseñadas para resistir ante un movimiento sísmico. En la parte derecha de la figura 11 se aprecia como la cercha se encuentra oxidada y se le está dando un uso de soportes de escobas, lo cual propicia su deterioro.



Figura 11: Elementos metálicos
Fuente: Propia

8.1.11 Elementos oxidados.

Análisis: Se observa en la edificación acero oxidado, perfiles y cerchas. Los cuales representan un deterioro de la edificación. Se deben realizar mantenimientos periódicos que garanticen la estabilidad de la edificación y puede seguir cumpliendo su funcionalidad.



Figura 12: Elementos metálicos
Fuente: Propia

8.1.12 Cerchas en madera cubierta.

Análisis: Como se muestra en la figura 13 se aprecia que los elementos estructurales de la cubierta están hechos en elementos de madera; se observa que estos elementos están deteriorados por el paso del tiempo y se debe recalcular la resistencia de estos elementos, con el fin de garantizar la estabilidad de la cubierta.



Figura 13: Cerchas en madera.
Fuente: Propia

En los recorridos realizados se puede apreciar inicialmente el deterioro por la falta de mantenimiento que tiene la institución educativa lo que compromete su funcionalidad y puede causar fallas mayores.

8.2 Ensayos no destructivos

8.2.1 Esclerometria

El ensayo de esclerometria se realiza con el objetivo de identificar la resistencia del concreto. Para realizar este ensayo se realizan diez (10) mediciones, posteriormente se elimina el número mayor y menor de los datos organizados, se continúa sacando el promedio de los datos restantes y finalmente se compara el promedio con la tabla de la figura 14 en la casilla Rm el cual indica la resistencia del concreto. Se realizan 6 ensayos en diferentes partes de la edificación en elementos estructurales como columnas y vigas.

Rm	Compressive strength (Mpa)													
	Carbonation depth (mm)													
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	≥6.0	
32.8	27.9	27.1	26.2	25.1	24	23.2	22.3	21.5	20.6	20.1	19.2	18.3	17.2	
33	28.2	27.4	26.5	25.4	24.3	23.4	22.6	21.7	20.9	20.3	19.4	18.5	17.4	
33.2	28.6	27.7	26.8	25.7	24.6	23.7	22.9	22	21.2	20.5	19.6	18.7	17.6	
33.4	28.9	28	27.1	26	24.9	24	23.1	22.3	21.4	20.7	19.8	18.9	17.8	
33.6	29.3	28.4	27.4	26.4	25.2	24.2	23.3	22.6	21.7	20.9	20	19.1	18	
33.8	29.6	28.7	27.7	26.6	25.4	24.4	23.5	22.8	21.9	21.1	20.2	19.3	18.2	
34	30	29.1	28	26.8	25.6	24.6	23.7	23	22.1	21.3	20.4	19.5	18.3	
34.2	30.3	29.4	28.3	27	25.8	24.8	23.9	23.2	22.3	21.5	20.6	19.7	18.4	
34.4	30.7	29.8	28.6	27.2	26	25	24.1	23.4	22.5	21.7	20.8	19.8	18.6	
34.6	31.1	30.2	28.9	27.4	26.2	25.2	24.3	23.6	22.7	21.9	21	20	18.8	
34.8	31.4	30.5	29.2	27.6	26.4	25.4	24.5	23.8	22.9	22.1	21.2	20.2	19	
35	31.8	30.8	29.6	28	26.7	25.8	24.8	24	23.2	22.3	21.4	20.4	19.2	
35.2	32.1	31.1	29.9	28.2	27	26	25	24.2	23.4	22.5	21.6	20.6	19.4	
35.4	32.5	31.5	30.2	28.6	27.3	26.3	25.4	24.4	23.7	22.8	21.8	20.8	19.6	
35.6	32.9	31.9	30.6	29	27.6	26.6	25.7	24.7	24	23	22	21	19.8	
35.8	33.3	32.3	31	29.3	28	27	26	25	24.3	23.3	22.2	21.2	20	
36	33.6	32.6	31.2	29.6	28.2	27.2	26.2	25.2	24.5	23.5	22.4	21.4	20.2	
36.2	34	33	31.6	29.9	28.6	27.5	26.5	25.5	24.8	23.8	22.6	21.6	20.4	
36.4	34.4	33.4	32	30.3	28.9	27.9	26.8	25.8	25.1	24.1	22.8	21.8	20.6	
36.6	34.8	33.8	32.4	30.6	29.2	28.2	27.1	26.1	25.4	24.4	23	22	20.9	
36.8	35.2	34.1	32.7	31	29.6	28.5	27.5	26.4	25.7	24.6	23.2	22.2	21.1	
37	35.5	34.4	33	31.2	29.8	28.8	27.7	26.6	25.9	24.8	23.4	22.4	21.3	
37.2	35.9	34.8	33.4	31.6	30.2	29.1	28	26.9	26.2	25.1	23.7	22.6	21.5	
37.4	36.3	35.2	33.8	31.9	30.5	29.4	28.3	27.2	26.5	25.4	24	22.9	21.8	
37.6	36.7	35.6	34.1	32.3	30.8	29.7	28.6	27.5	26.8	25.7	24.2	23.1	22	
37.8	37.1	36	34.5	32.6	31.2	30	28.9	27.8	27.1	26	24.5	23.4	22.3	
38	37.5	36.4	34.9	33	31.5	30.3	29.2	28.1	27.4	26.2	24.8	23.6	22.5	
38.2	37.9	36.8	35.2	33.4	31.8	30.6	29.5	28.4	27.7	26.5	25	23.9	22.7	
38.4	38.3	37.2	35.6	33.7	32.1	30.9	29.8	28.7	28	26.8	25.3	24.1	23	
38.6	38.7	37.5	36	34.1	32.4	31.2	30.1	29	28.3	27	25.5	24.4	23.2	
38.8	39.1	37.9	36.4	34.4	32.7	31.5	30.4	29.3	28.5	27.2	25.8	24.6	23.5	
39	39.5	38.2	36.7	34.7	33	31.8	30.6	29.6	28.8	27.4	26	24.8	23.7	
39.2	39.9	38.5	37	35	33.3	32.1	30.8	29.8	29	27.6	26.2	25	24	
39.4	40.3	38.8	37.3	35.3	33.6	32.4	31	30	29.2	27.8	26.4	25.2	24.2	
39.6	40.7	39.1	37.6	35.6	33.9	32.7	31.2	30.2	29.4	28	26.6	25.4	24.4	

Figura 14: Tabla fuerza compresiva
Fuente: Propia

En la figura 15 se muestra el ejemplo de realización del ensayo de esclerometria.



Figura 15: Ejemplo esclerometria
Fuente: Propia

8.2.1.1 Columna 1.

En la tabla 3 se muestran los datos recolectados para el ensayo de esclerometria en una columna la cual se encuentra ubicada detrás de los baños y tiene una dimensiones de 23 cm x 23 cm. El valor que da es de 27.9.

Tabla 4: Datos iniciales columna 1

Datos Iniciales	Datos Ordenados	Se elimina el Mayor y el menor	Promedio
33	29		31.71
29	29		
34	31	31	
32	31	31	
31	31	31	
33	31	31	
29	32	32	
31	33	33	
31	33	33	
31	34		

Fuente: Propia

8.2.1.2 Columna 2.

A continuación se muestran los datos recolectados para el ensayo de esclerometria de la segunda columna la cual se encuentra ubicada detrás de los baños. El valor obtenido es de 27.9.

Tabla 5: Datos iniciales columna 2

Datos Iniciales	Datos Ordenados	Se elimina el Mayor y el menor	Promedio
24	24		26.42
25	25	25	
27	25	25	
25	26	26	
28	27	27	
29	27	27	
29	27	27	
27	28	28	
27	29		
26	29		

Fuente: Propia

8.2.1.3 Viga 1.

En la tabla 5 se observan los datos recolectados para el ensayo de esclerometria en la viga 1 la cual se encuentra ubicada en la parte trasera de los salones y tiene unas dimensiones de 20 cm x 18 cm.

Tabla 6: Datos iniciales viga 1

Datos Iniciales	Datos Ordenados	Se elimina el Mayor y el menor	Promedio
33	22		28.63
24	24	24	
25	25	25	
22	26	26	
32	28	28	
28	30	30	
30	31	31	
35	32	32	
31	33	33	
26	35		

Fuente: Propia

El valor obtenido es de 27.9

8.2.1.4 Columna exterior 1.

En la tabla 6 se observan los datos recolectados para el ensayo de carbonatación en la columna exterior 1 la cual se encuentra ubicada en la parte frontal de la institución educativa. El valor obtenido es de 51.7

Tabla 7: Datos iniciales columna exterior 2

Datos Iniciales	Datos Ordenados	Se elimina el Mayor y el menor	Promedio
44	40		44.62
46	43	43	
46	43	43	
40	43	43	
46	44	44	
43	46	46	
43	46	46	
46	46	46	
48	46	46	
43	48		

Fuente: Propia

8.2.1.5 Columna exterior 2.

En la tabla 7 se observan los datos recolectados para el ensayo de esclerometria en la columna exterior 2 la cual se encuentra ubicada en la parte frontal de la institución educativa.

Tabla 8: Datos iniciales columna exterior 2

Datos Iniciales	Datos Ordenados	Se elimina el Mayor y el menor	Promedio
35	35		37.75
40	35		
35	35		
38	35		
37	35		
39	37	37	
37	37	37	
35	38	38	
35	39	39	
35	40		

Fuente: Propia

Da un valor de 36.7. Lo cual indica un nivel medio de carbonatación aunque con el tiempo puede aumentar.

8.2.1.6 Columna exterior bloque 1.

En la tabla 8 se observan los datos recolectados para el ensayo de carbonatación en la columna exterior del bloque 1 la cual se encuentra ubicada en la cafetería y posee unas dimensiones de 30 cm x 30 cm.

Tabla 9: Datos iniciales columna exterior bloque 1.

Datos Iniciales	Datos Ordenados	Se elimina el Mayor y el menor	Promedio
48	30		37
41	32	32	
38	33	33	
33	36	36	
43	36	36	
36	38	38	
32	41	41	
30	43	43	
48	48		
36	48		

Fuente: Propia

El promedio de la columna exterior del bloque 1 con la columna da un valor de 35.5.

8.2.1.7 Viga perimetral bloque 1.

En la tabla 9 se observan los datos recolectados para el ensayo de esclerometria en la viga perimetral del bloque 1 la cual se encuentra ubicada en la cafetería.

Tabla 10: Datos iniciales viga perimetral bloque 1.

Datos Iniciales	Datos Ordenados	Se elimina el Mayor y el menor	Promedio
31	21		32.25
36	20	20	
21	31	31	
34	31	31	
35	31	31	
41	34	34	
31	35	35	
31	36	36	
29	40	40	
40	41		

Fuente: Propia

La viga perimetral del bloque 1 da un valor de 27.9.

8.2.2 Ferro scanner

El Ferro scanner cumple la función de determinar mediante el acero dentro de un elemento estructural para esto se realiza una medición y se procede a anotar los datos concernientes a esta medición, para posteriormente convertir estos datos a su equivalente en número de varilla.

En la tabla 10 se muestra el resumen de los elementos encontrados en el ensayo de ferro escáner.

Tabla 11: Resumen datos ferro escáner.

Descripción	Acero Longitudinal	Acero transversal
Columna de 24 cm x 24 cm	4 # 3	# 3 @ 0.15 m
Viga de 15 cm x 14 cm	4 # 3	# 3 @ 0.20 m
Columna soporte techo exterior 20 cm x 20 cm	4 # 3	# 3 @ 0.15 m
Columna 1 triangular escalera	3 # 3	# 3 @ 0.15 m
Columna 2 triangular escalera	3 # 4 y 2 # 3	# 3 @ 0.15 m

Fuente: Propia

8.3 Levantamiento edificación.

El levantamiento de la edificación se realiza con el fin de obtener los planos de la institución educativa en cuestión. Los planos son detalles de los elementos y de la conformación que tiene una estructura esto es de gran importancia para la realización de la modelación estructural.

8.3.1 Importancia de los planos.

Los planos son detalles de los elementos y de la conformación que tiene una estructura esto aplicado a la modelación estructural tiene las siguientes importancias: Muestra los detalles de las secciones de los elementos de una estructura, da los detalles de las diferentes dimensiones en planta de la estructura, los diferentes programas de modelación estructural trabajan con los detalles en planta de una edificación, muestra las diferentes dimensiones de la estructural en perfil y la base de la modelación estructural es el diseño arquitectónico o estructural de una edificación.

8.3.2 Descripción de la actividad realizada

La institución educativa Santa Juana de Lestonnac no posee planos de su estructura por lo cual se procede de la siguiente manera:

- Por medio de un decámetro y un metro se procede a tomar medida de cada elemento y de cada vano de la estructura; estos datos se anotan en papel y se delinear en un block de dibujo.
- Con la información anteriormente reunida se procede a delinear en el programa AutoCAD.
- Se organizan detalles, grosores de línea y capaz de trabajo. Tratando de que los datos insertados al programa se han lo más cercanos posible a los datos tomados en campo.
- Se crea una mancheta para el plano.

8.3.3 Plano institución educativa Santa Juana de Lestonnac

En las figuras 16, 17 y 18 se muestra el plano de esta edificación.

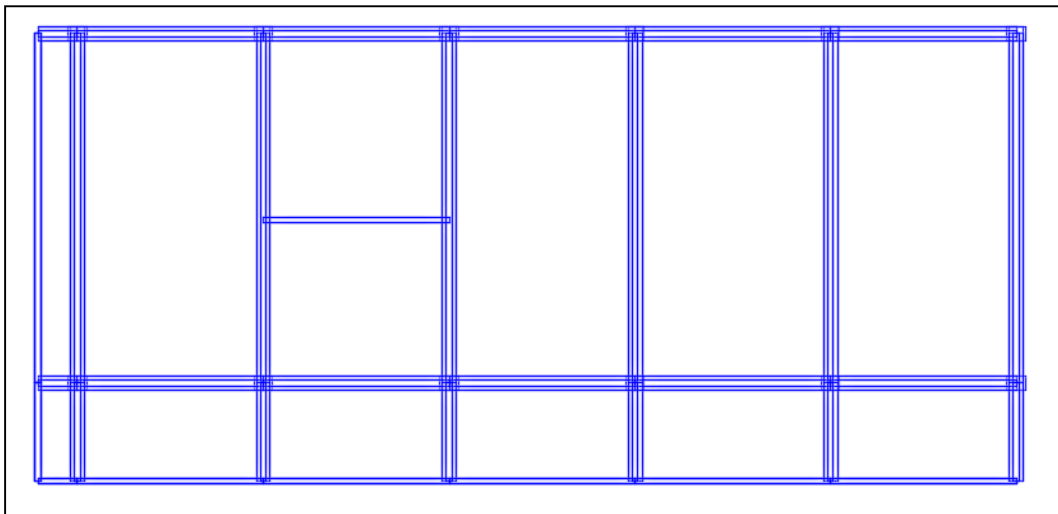


Figura 16: Vista superior.
Fuente: Propia

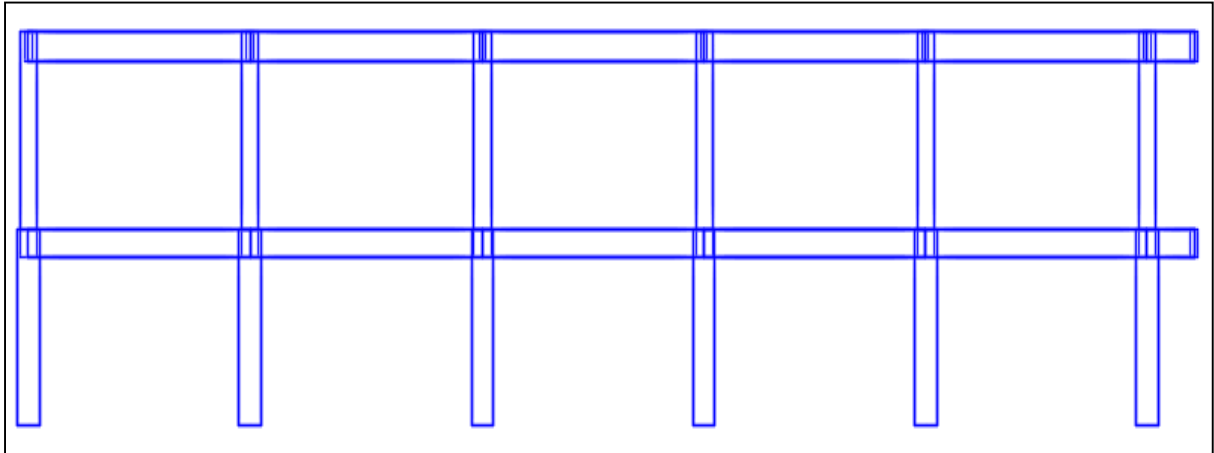


Figura 17: Vista frontal.
Fuente: Propia

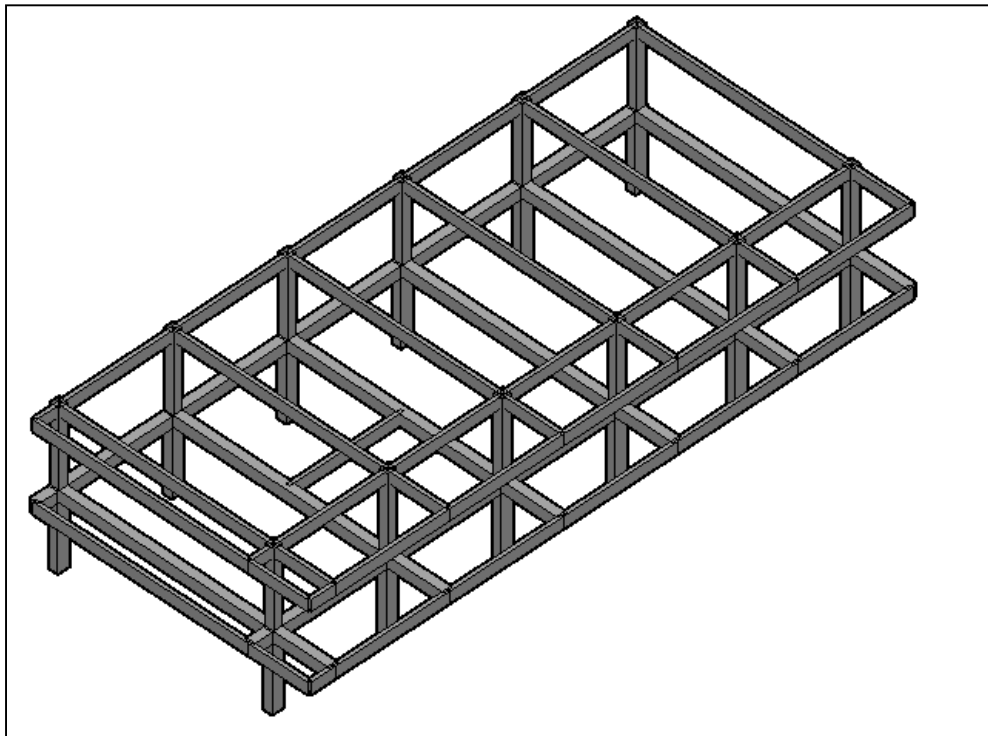


Figura 18: Vista 3D
Fuente: Propia

8.4 Modelación estructural

La modelación estructural se realiza por medio del programa ETABS y para realizar este proceso es necesario tener los planos de la edificación, conocer su ubicación y tener definido parámetros estructurales. Para realizar la modelación estructural se sigue el siguiente procedimiento:

a. Se **determinan** los parámetros iniciales que se muestran en la tabla 11.

Tabla 12: Parámetros iniciales estructural.

Sistema Estructural utilizado	Pórticos resistente a momentos que deben tener capacidad especial de disipación de energía (DES)
Sistema de entrepiso:	Losa maciza e=0.2 m
Área construida	353.58 m ²
Ubicación	Dosquebradas, Risaralda
Zona de Sísmica	Alta
Perfil de Suelo	Tipo C
No. de pisos	2 pisos altura de 2.7 m
Altura total del edificio	5.40m
Método utilizado para el análisis	Análisis Dinámico Elástico Espectral

Fuente: Propia

b. Se determinan los parámetros de aceleración del suelo de acuerdo a la NSR-10. Los cuales se muestran en la tabla 12.

Tabla 13: Parámetros de aceleración de suelo.

Zona de Amenaza Sísmica	Alta
Grupo de Uso	III estructuras de uso especial
Fa	1.76
Fv	2.57
Aa	0.25
Av	0.25
Perfil de Suelo	Tipo C
Coefficiente de Importancia	1.25

Fuente: Propia

c. Se procede a crear un nuevo modelo donde se definen las dimensiones y la separación de luces, como se muestra en la figura 19.

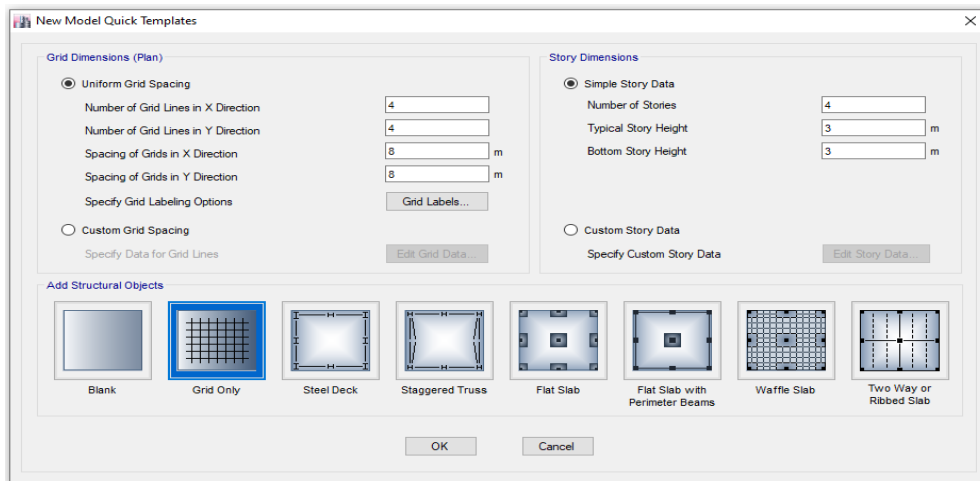


Figura 19: Creación modelo

Fuente: Propia

d. Se crea el modelo de aceleración espectral del suelo de acuerdo a los parámetros ya establecidos.

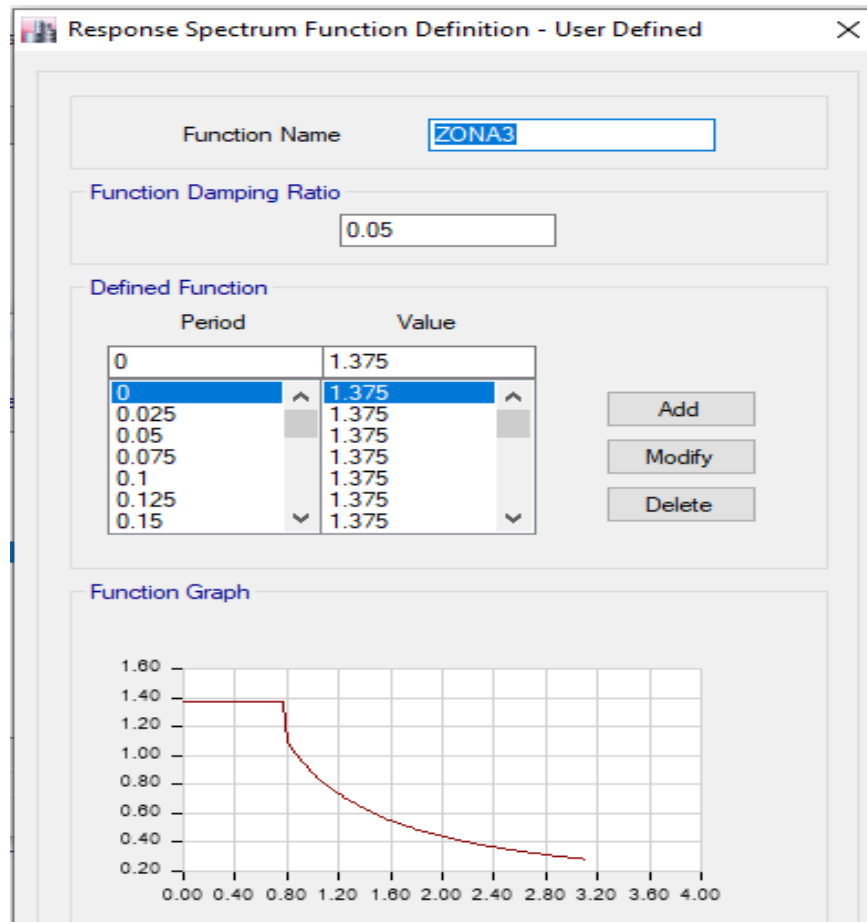


Figura 20: Aceleración espectral del suelo.
Fuente: Propia

e. Se procede a crear el material que llevarán los elementos estructurales, del cual no se tiene certeza la resistencia del concreto, sin embargo, se define como un concreto de 21 MPa, ya que es el mínimo que se debe garantizar para cumplir con la NSR-10 y por el año de construcción de institución es el encontrado en este tipo de construcciones.

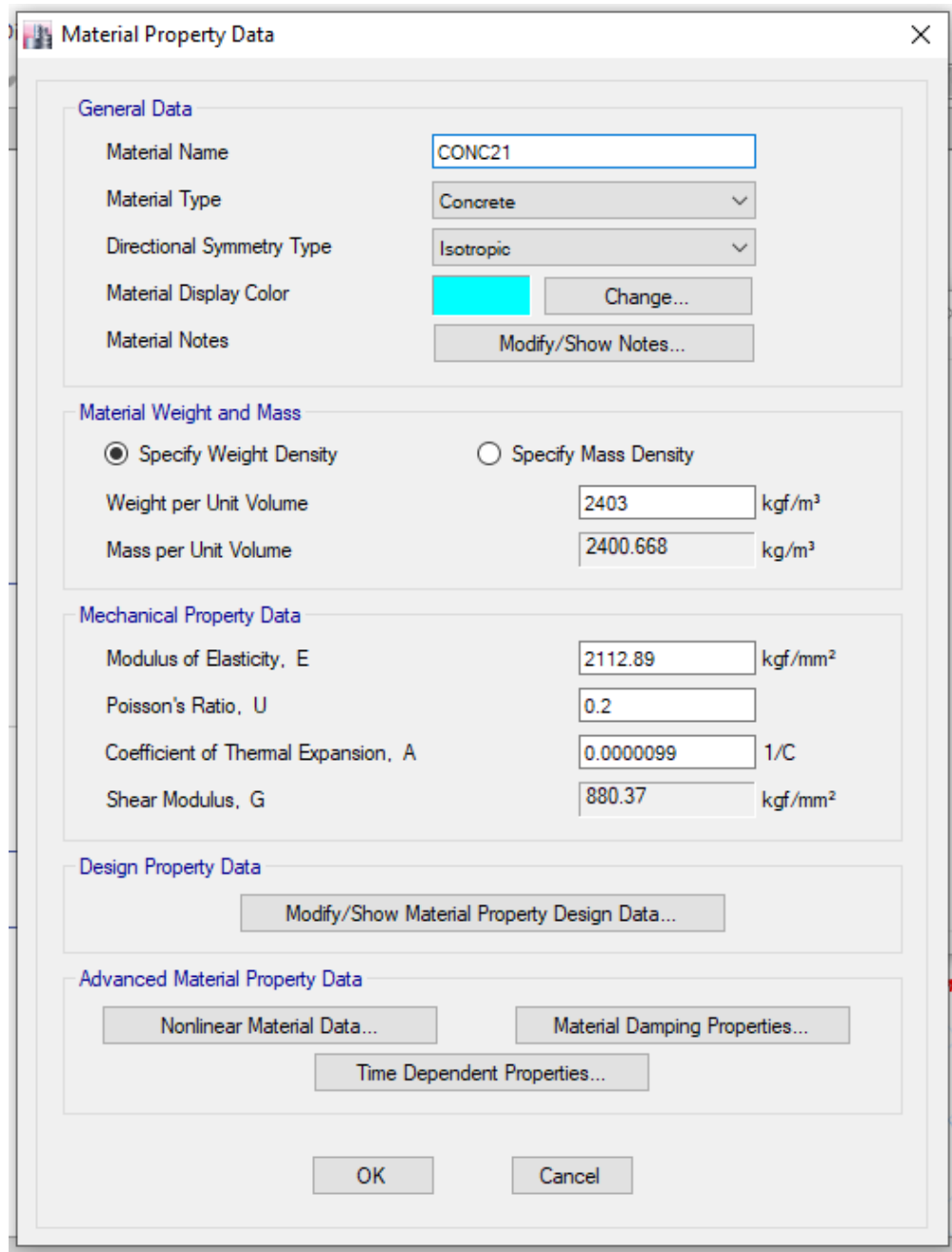


Figura 21: Concreto 21 MPa
Fuente: Propia

f. Se procede a crear los diferentes elementos estructurales como las columnas, vigas y losa entrepiso.

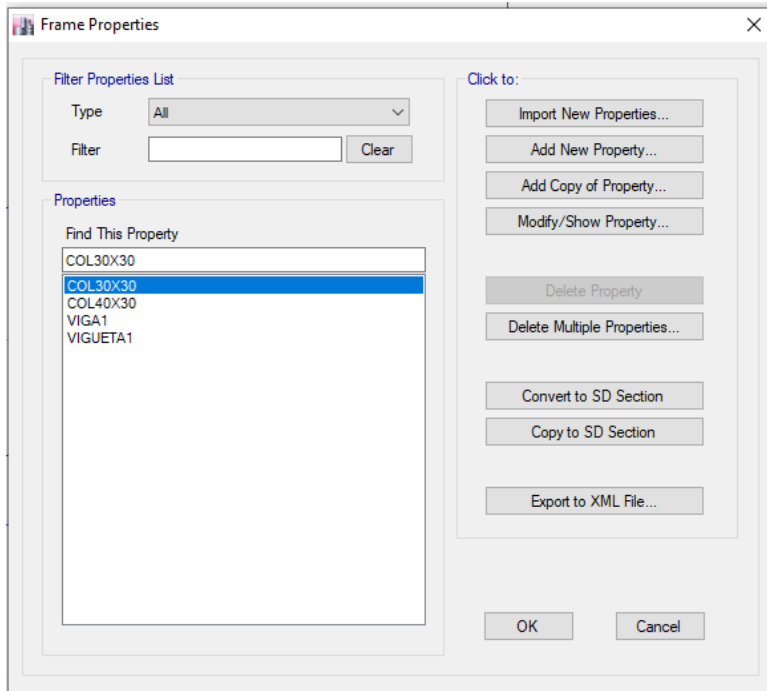


Figura 22: Elementos estructurales
Fuente: Propia

- g. Se delinea la estructura de acuerdo a cada elemento hasta completarla en su totalidad.

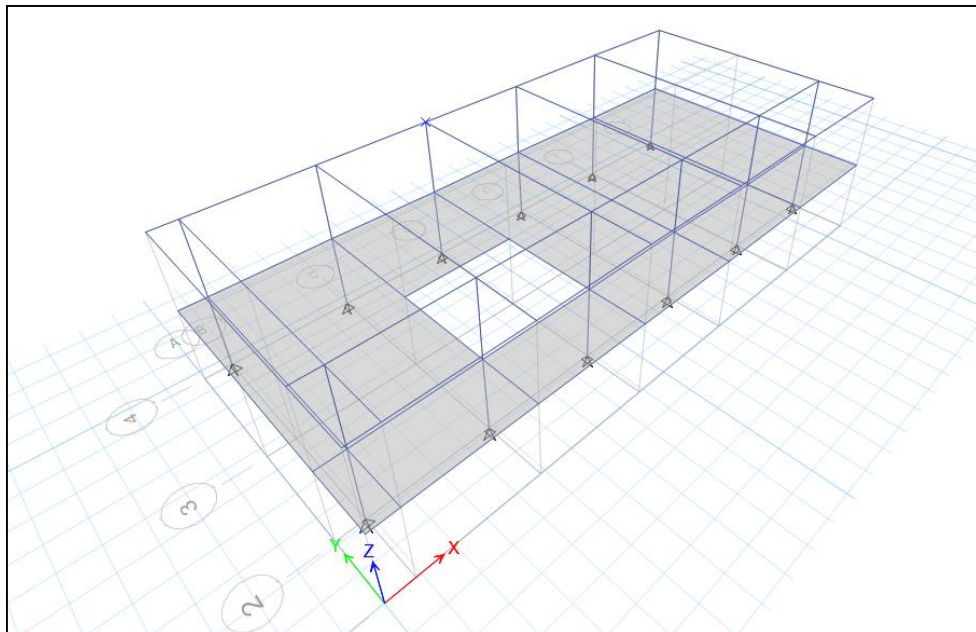


Figura 23: Estructura delineada
Fuente: Propia

h. Se procede a asignar los apoyos de la estructura.

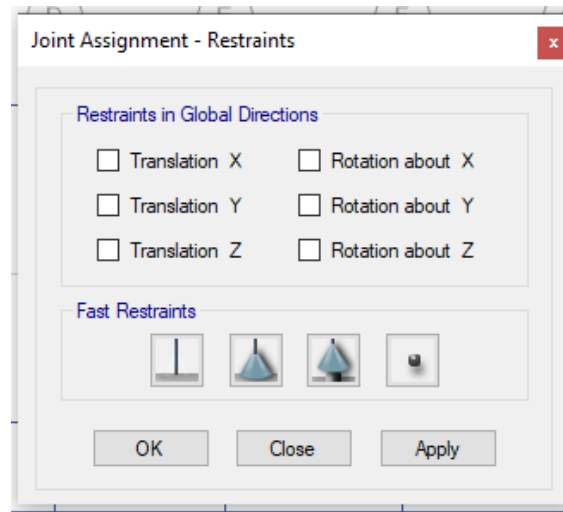


Figura 24: Asignación de apoyos
Fuente: Propia

i. Se crean y se asignan a la estructura los diferentes casos de carga que debe resistir la estructura. Adicional también se definen las combinaciones de carga los cuales son los efectos que se ve una estructura durante la ocurrencia de un sismo. Como se muestra en las figura 25.

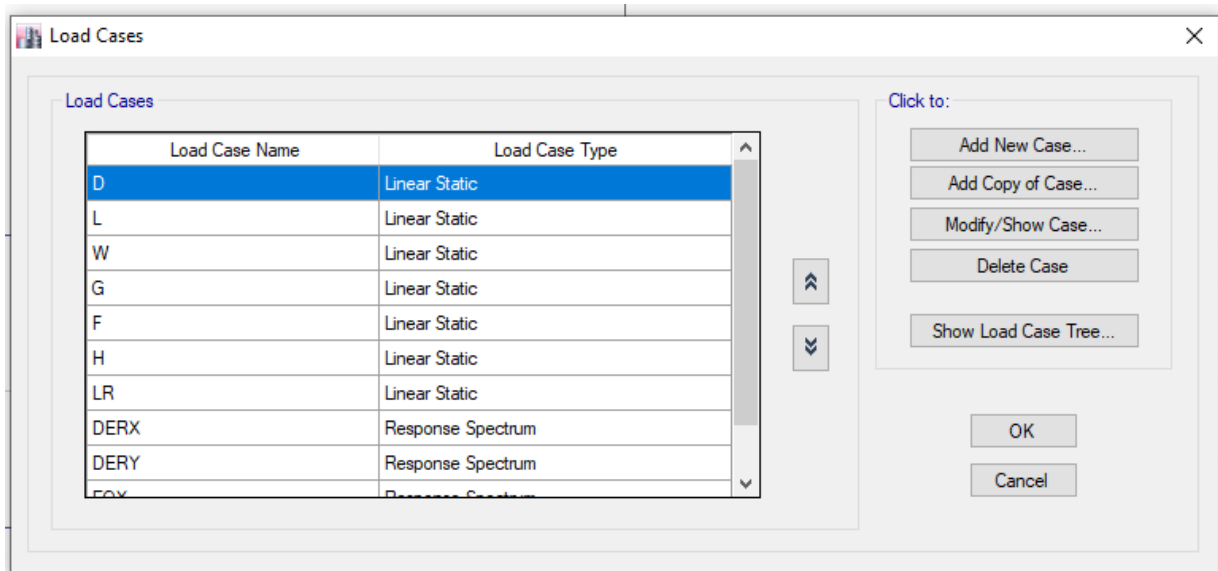


Figura 25: Casos de carga
Fuente: Propia

j. Una vez cargada toda la información se procede a correr el modelo estructural. Se obtienen los siguientes resultados:

Chequeo de deriva

De acuerdo a la figura 26 la estructura no cumple con la deriva máxima del 1% estipulada por la NSR-10. Se debe ampliar la sección de las columnas para aumentar su rigidez.

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
CUBIERTA	Max Drift X	DERX	17	17,05	0	5,4	1,09%	
CUBIERTA	Max Drift Y	DERX	18	21,05	0	5,4		0,68%
CUBIERTA	Max Drift X	DERY	21	0	0	5,4	0,15%	
CUBIERTA	Max Drift Y	DERY	14	4,85	0	5,4		1,75%
CUBIERTA	Max Drift X	EQX	17	17,05	0	5,4	0,24%	
CUBIERTA	Max Drift Y	EQX	18	21,05	0	5,4		0,15%
CUBIERTA	Max Drift X	EQY	21	0	0	5,4	0,03%	
CUBIERTA	Max Drift Y	EQY	14	4,85	0	5,4		0,39%
PISO2	Max Drift X	DERX	6	21,05	9,6	2,7	2,57%	
PISO2	Max Drift Y	DERX	12	21,05	2,1	2,7		1,99%
PISO2	Max Drift X	DERY	12	21,05	2,1	2,7	0,36%	
PISO2	Max Drift Y	DERY	7	0,85	2,1	2,7		5,35%
PISO2	Max Drift X	EQX	6	21,05	9,6	2,7	0,57%	
PISO2	Max Drift Y	EQX	12	21,05	2,1	2,7		0,44%
PISO2	Max Drift X	EQY	12	21,05	2,1	2,7	0,08%	
PISO2	Max Drift Y	EQY	7	0,85	2,1	2,7		1,19%

Figura 26: Chequeo de derivas
Fuente: Propia

SOBRE ESFUERZOS

Se aprecia que la mayoría de los elementos estructurales de la edificación presentan sobre esfuerzos, como se muestra en las figuras 27 y 28. Estos esfuerzos significan que en caso de ocurrencia de un sismo la estructura presentara daños; que comprometerán su estabilidad.

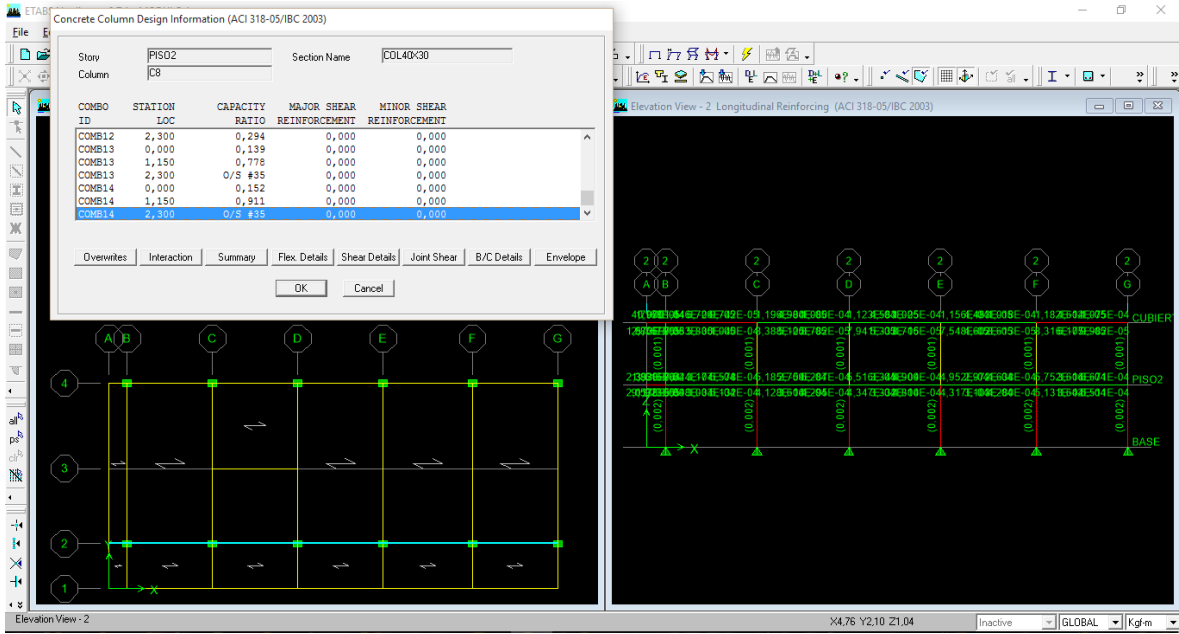


Figura 27: Columna excede el límite
Fuente: Propia

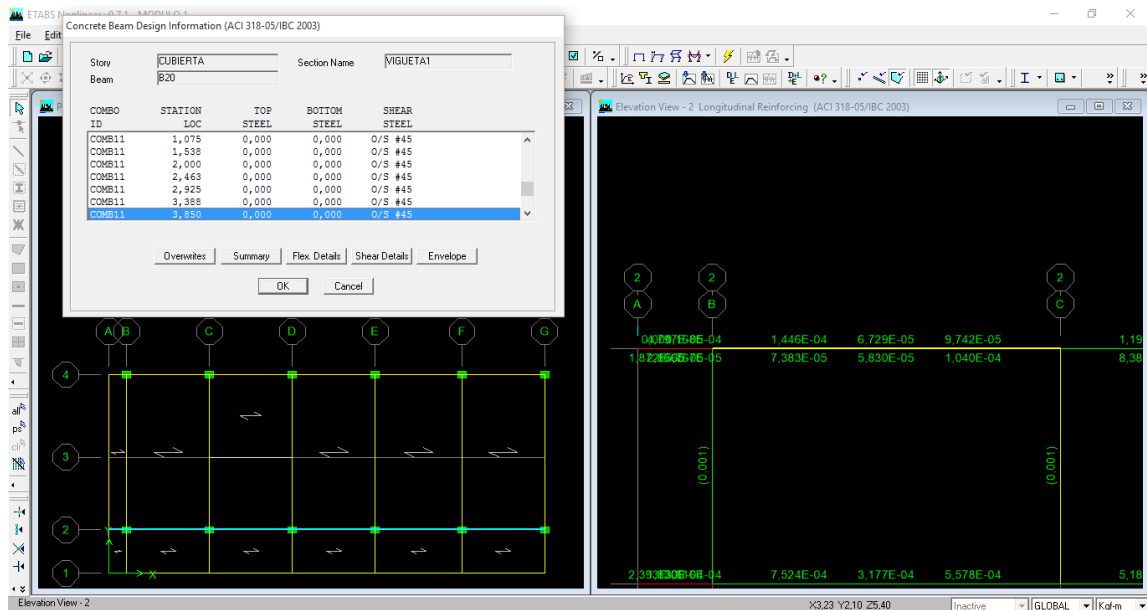


Figura 28: Esfuerzo máximo de torsión excedido
Fuente: Propia

Se evidencia que la edificación en su estado actual no cumple con los índices de deriva, ni de sobre esfuerzos por lo tanto se realiza una nueva modelación aumentando la sección de las columnas de 40 cm x 40 cm y vigas de 30 cm x 40 cm.

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
CUBIERTA	Max Drift X	DERX	17	17,05	0	5,4	0,85%	
CUBIERTA	Max Drift Y	DERX	18	21,05	0	5,4		0,63%
CUBIERTA	Max Drift X	DERY	21	0	0	5,4	0,22%	
CUBIERTA	Max Drift Y	DERY	14	4,85	0	5,4		0,86%
CUBIERTA	Max Drift X	EQX	17	17,05	0	5,4	0,24%	
CUBIERTA	Max Drift Y	EQX	18	21,05	0	5,4		0,15%
CUBIERTA	Max Drift X	EQY	21	0	0	5,4	0,01%	
CUBIERTA	Max Drift Y	EQY	14	4,85	0	5,4		0,37%
PISO 2	Max Drift X	DERX	6	21,05	9,6	2,7	0,92%	
PISO 2	Max Drift Y	DERX	12	21,05	2,1	2,7		0,93%
PISO 2	Max Drift X	DERY	12	21,05	2,1	2,7	0,31%	
PISO 2	Max Drift Y	DERY	7	0,85	2,1	2,7		0,96%
PISO 2	Max Drift X	EQX	6	21,05	9,6	2,7	0,57%	
PISO 2	Max Drift Y	EQX	12	21,05	2,1	2,7		0,44%
PISO 2	Max Drift X	EQY	12	21,05	2,1	2,7	0,08%	
PISO 2	Max Drift Y	EQY	7	0,85	2,1	2,7		0,87%

Figura 29: Derivas corregidas
Fuente: Propia

Al realizar la modelación con los aumentos de sección mencionados se obtiene que el modelo estructural cumple con los índices de sobre esfuerzo y deriva. Por lo cual con el fin de garantizar con el cumplimiento de la NSR – 10; se debe realizar reforzamiento estructural de los elementos existentes.

9. Resultados

En las inspecciones visuales realizadas se puede observar que la edificación presenta deterioro y desgaste en algunos elementos estructurales; tales como las columnas y vigas; lo anteriormente debido al paso del tiempo y al uso de la edificación.

Se puede observar que a la edificación no se le ha realizado mantenimiento periódico y de ahí el desgaste en algunos de sus elementos.

El ensayo de carbonatación revela que existen elementos estructurales con un alto grado de carbonatación y se deben tomar medidas con el fin de evitar daños futuros a la edificación.

Al realizar el ensayo de ferro scanner se puede comprobar que existen varillas de refuerzo que cumplen con las secciones mínimas para elementos estructurales. Sin embargo, se debe tener en cuenta la modelación estructural para verificar el cumplimiento de estos elementos.

El modelo estructural arroja que la edificación no cumple con los índices de sobre esfuerzo, ni de deriva. Y para que la edificación cumpla con lo estipulado en la NSR-10 se debe aumentar la sección de las columnas a 40 cm x 40 cm y de las vigas a 30 cm x 40 cm.

10. Recomendaciones

Se recomienda por el estado de la estructura, la realización de extracción de núcleos para prueba de compresión de concreto; con el fin de determinar defectos, tamaño de los agregados y resistencia del concreto.

Se recomienda realizar regatas con el fin de determinar el grado de carbonatación interna del concreto y el grado de exposición del acero.

También es recomendable realizar ensayo de tracción y corrosión al acero. Teniendo presente que las muestras de acero deben reponerse con varillas soldadas y traslapadas de acuerdo a lo indicado por la NSR-10.

Se recomienda a Secretaria de Educación, Gobernación del Departamento de Risaralda y Alcaldía del Municipio de Dosquebradas adelantar estudios de patología y vulnerabilidad estructural para esta y las demás instituciones educativas del municipio.

Se recomienda invertir en el estado de la institución ya que refleja mucho deterioro y en caso de seguir así puede verse afectada su funcionalidad.

Es recomendable por la edad de la edificación realizar un mantenimiento de esta ya que como se muestra en las imágenes es evidente que esta edificación necesita un mantenimiento e intervención estructural.

Con estos ensayos más los de actualización del estudio de suelo y estudio de vibraciones realizar un estudio completo de vulnerabilidad

Se recomienda la intervención de la estructura ya que actualmente no cumple con lo estipulado en al NSR-10.

11. Conclusiones

Se logra valorar el estado actual de la edificación el cual se puede indicar como deteriorado ya que se presentan diferentes fallencias tanto en elementos estructurales como elementos arquitectónicos.

Se deben tomar medidas lo antes posible con el fin de garantizar la funcionalidad y estabilidad de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac. Ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se pueden presentar daños fuertes en la edificación ante un evento sísmico.

Con esta investigación se logra identificar las patologías presentes en la institución educativa Santa Juana de Lestonnac Dosquebradas, lo cual permite mostrar las condiciones físicas de la estructura. A partir de la metodología planteada y de las recomendaciones sobre el estudio de vulnerabilidad.

Los ensayos no destructivos aplicados dentro de esta investigación deben ser ampliados con el fin de conocer más a fondo el deterioro interno de los elementos estructurales como columnas y vigas.

Esta investigación, está basada en la observación de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac y determinar en qué estado se encuentra, durante el estudio patológico se encontraron diferentes problemáticas que encaminan al resultado final y es que la edificación no cumple con la NSR-10.

En la institución educativa se puede observar un deterioro de la edificación dado por la falta de mantenimiento e inversión en esta. Se deben programar y garantizar mantenimientos periódicos con el fin de evitar daños futuros.

Este tipo de estudio sirve como modelo a ingenieros y personas interesadas en el área de la patología de estructuras en el municipio de Dosquebradas y es ampliable a cualquier parte del país.

Se debe garantizar la funcionalidad de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac y para esto es necesario realizar un mantenimiento preventivo, antes de realizar los reforzamientos estructurales que necesita la edificación.

12. Bibliografía

Carreño & Serrano (2005). Metodología de evaluación en patología estructural. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Coronel, Ramiro & Hoyos (2019). Evaluación de las patologías del concreto armado en las instituciones educativas: n°11517 y Túpac Amaru del distrito de Tumán – Chiclayo – Lambayeque. Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú.

Cortes & Perilla (2017). Identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del municipio de Santa Rosa de Cabal (sector educativo). Tesis de Grado. Universidad Libre de Pereira. Pereira, Colombia.

Díaz B. (2014). Protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá – Colombia, 2014.

Díaz C. (2014). Patologías más incidentes en edificios de instituciones educativas de la zona urbana de los baños del Inca, Cajamarca. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.

FOPAIDE & AIS (2011) Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales. Tercera edición.

Gálvez Mejía José John. Propuesta de recuperación estructural de un edificio. Universidad Nacional de Colombia. Manizales – Colombia, Febrero del 2002.

García, Jiménez & Reinales (2015). Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural Para el Sector Educativo en el Municipio de Dosquebradas. Tesis de Grado. Universidad Libre de Pereira. Pereira, Colombia.

Marín M. I. (2017). Causas y soluciones de patología presente en cabaña villa Luján, ubicada en la vereda de Yayatá (Silvania). Universidad Católica de Colombia. Tesis de grado. Bogotá, Colombia.

Montero R. W. (2016). Evaluación de patologías en las Estructuras de Concreto: Aplicación a la vivienda en el sector de Misicata. Tesis de Grado. Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Muñoz, Ruiz, Prieto & Ramos (2006). Estimación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación indispensable mediante confiabilidad estructural. Santa Fe de Bogotá: Universidad Javeriana de Bogotá; Facultad de Ingeniería; Departamento Ingeniería Civil. Boletín Técnico

Parra & Vásquez (2014). Patología, diagnóstico y propuestas de rehabilitación de la vivienda de la familia Bermeo Alarcón. Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador.

Salamanca N. L. (2015). Metodología para estudios de vulnerabilidad sísmica y patología estructural para edificaciones con carácter patrimonial. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá – Colombia.

Saldaña C. E. (2016). Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en vigas, columnas y muro albañilería del mercado buenos aires, distrito de nuevo Chimbote, provincia de santa, región Áncash, septiembre 2016. Chimbote – Perú.

Villanueva A. Á. Evaluación de patologías en edificaciones de cinco instituciones educativas públicas del distrito de Pimentel- Chiclayo. Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú.