

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LAS
EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL GRUPO III y IV EN EL MUNICIPIO DE
MISTRATO, RISARALDA**

Auxiliares de Investigación

**JUAN JOSE TORRES GIL
LEITON ANDRES BEDOYA**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA/RISARALDA
JULIO DEL 2017**

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LAS
EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL GRUPO III y IV EN EL MUNICIPIO DE
MISTRATO, RISARALDA**

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Investigador Principal

ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO

Auxiliares de Investigación

**JUAN JOSE TORRES GIL
LEITON ANDRES BEDOYA**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA/RISARALDA
JULIO DEL 2017**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACION	11
2.2 JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. ANTECEDENTES.....	15
4.1 ANTECEDENTES INSTITUCIONALES.....	15
4.2 ANTECEDENTES NACIONALES	16
4.3 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
5. MARCO DE REFERENCIA.....	23
5.1 MARCO GEOGRÁFICO.....	23
5.2 MARCO TEÓRICO.....	24
5.3 MARCO CONCEPTUAL.....	33
5.4 MARCO NORMATIVO O LEGAL	34
6. METODOLOGÍA	35
6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
6.2 TIPO DE ESTUDIO.....	35
6.3 MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO	35
7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
7.1 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	36
7.2 INFORMACIÓN ESTRUCTURAL Y ARQUITECTÓNICA.....	45
7.3. MODELACIÓN ESTRUCTURAL.....	47
7.4 MEDIDAS PROXIMALES.....	65
8. CONCLUSIONES	67
9. RECOMENDACIONES.....	69
10. BIBLIOGRAFÍA.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Estudios Vulnerabilidad Estructural.....	15
Tabla 2: Datos Edificaciones Indispensables.....	23
Tabla 3: Normas.....	34
Tabla 4: Diseño Metodológico.....	35
Tabla 5: Resultados más Relevantes Fichas.....	40
Tabla 6: Chequeo por tabla edificaciones de un Piso.....	48
Tabla 7: Resumen Resultados Chequeo por Tabla.....	48
Tabla 8: Datos Iniciales Estructura.....	58
Tabla 9: Cargas Aplicadas a la estructura.....	58
Tabla 10: Cargas Mayoradas Aplicadas a la estructura.....	59
Tabla 11: Datos Espectro de Diseño.....	59
Tabla 12: Resultados Modelación.....	62
Tabla 13: Presupuesto Escuela Instituto Mistrató.....	65
Tabla 14: Presupuesto Casa de la Cultura.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Año de Construcción Edificaciones.....	41
Gráfico 2: Sistema Estructural.....	41
Gráfico 3: Remodelación.....	42
Gráfico 4: Posee Columnas.....	42
Gráfico 5: Posee Vigas.....	43
Gráfico 6: Posee Irregularidad.....	43
Gráfico 7: Posee Planos.....	44
Gráfico 8: Numero Pisos.....	44
Gráfico 9: Hospital San Vicente de Paul.....	49
Gráfico 10: Escuela Instituto Mistrató.....	49
Gráfico 11: Resultados Alcaldía Municipal.....	63
Gráfico 12: Resultados Estación de Bomberos.....	63
Gráfico 13: Resultados Instituto Mistrató.....	64
Gráfico 14: Resultados Casa de la Cultura.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Configuración en Planta.....	25
Figura 2: Configuración en Altura	26
Figura 3: Ejemplo Ficha de Caracterización	39
Figura 4: Plano Alcaldía Mistrató	46
Figura 5: Plano Institución Mistrató.....	46
Figura 6: Datos Estructura	50
Figura 7: Concreto 21 MPa	51
Figura 8: Columnas Estructura	51
Figura 9: Vigas estructura.....	52
Figura 10: Entrepiso.....	52
Figura 11: Modelo	53
Figura 12: Entrepiso.....	53
Figura 13: Apoyos Estructura.....	54
Figura 14: Diafragma	54
Figura 15: Espectro de Diseño.....	55
Figura 16: Casos de Carga	55
Figura 17: Combinaciones de Carga	56
Figura 18: Cargas al Entrepiso	56
Figura 19: Alcaldía Mistrató	57
Figura 20: Espectro de Diseño.....	60
Figura 21: Estructura Modelada.....	60
Figura 22: Vista en planta	61
Figura 23: Vista Secciones y Elevaciones.	61

RESUMEN

Evaluar la condición estructural de las edificaciones indispensables de los grupos III y IV de la NSR-10, en municipios que no cuentan con los recursos físicos, técnicos y económicos, requiere gran esfuerzo que en muchos los municipios no pueden cubrir, esto genera escenarios que debido a la falta de estos estudios no se conoce las verdaderas limitaciones y/o el estado en que se encuentran las estructuras de un municipio frente a la amenaza sísmica.

La ley 1523 de 2012, el decreto 1807 de 2014 y la Norma de Sismo Resistencia NSR 10 indican parámetros que deben cumplir las diferentes edificaciones para ser seguras y funcionales frente la amenaza de un sismo.

Un estudio de vulnerabilidad estructural en las edificaciones consideradas indispensables (que según la NSR -10¹ en ningún caso deben colapsar), ayuda a priorizar y caracterizar esfuerzos en una población, con el fin de estar preparadas en el caso de la ocurrencia de dicha amenaza.

El ejercicio investigativo desarrollado en el municipio de Mistrato partió de la identificación y caracterización estructural de las edificaciones consideradas indispensables. Una vez visitadas en campo para evaluar su condición estructural y estado, se procedió a levantar la planta de los elementos estructurales de interés, con el objeto de modelar su condición de vulnerabilidad mediante el software ETABS. Finalmente, identificadas las deficiencias estructurales, a la luz de la NSR-10, se propusieron las medidas de mitigación requeridas para que dichas edificaciones se ajustaran a la norma y de esta manera se atenuara su vulnerabilidad y extensivamente, se garantizara su ocupación segura.

¹ NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D.C, 2010.

ABSTRACT

To evaluate the structural condition of the indispensable buildings of groups III and IV of the NSR-10, in municipalities that do not have the physical, technical and economic resources, it requires great effort that in many municipalities can't cover, this generates scenarios that Due to the lack of these studies the real limitations and / or the state in which the structures of a municipality are found against the seismic threat are not known.

Law 1523 of 2012, decree 1807 of 2014 and the Norm of Resistance Earthquake NSR 10 indicate parameters that must comply with the different buildings to be safe and functional in the face of the threat of an earthquake.

A study of structural vulnerability in buildings considered essential (which according to the NSR-10 in no case should collapse), helps to prioritize and characterize efforts in a population, in order to be prepared in the event of the occurrence of such a threat.

The investigative exercise carried out in the municipality of Mistrato started from the identification and structural characterization of the buildings considered indispensable. Once visited in the field to evaluate its structural condition and state, the plant was removed from the structural elements of interest, in order to model its condition of vulnerability through ETABS software. Finally, in the light of the NSR-10, structural deficiencies were identified and the necessary mitigation measures were proposed to ensure that these buildings conform to the norm and thus reduce their vulnerability and, at the same time, ensure their safe occupation.

1. INTRODUCCIÓN

El Municipio de Mistrató se encuentra ubicado sobre la Cordillera Occidental a unos 86 kilómetros al noroccidente de Pereira, forma parte del Departamento de Risaralda.

Un estudio de vulnerabilidad tiene el fin de poder observar en qué estado se encuentran las diferentes edificaciones de un lugar y basados a estos resultados tomar decisiones pertinentes que ayuden a conservar recursos del estado y más importante aún vidas humanas.

Este proyecto investigativo pretende evaluar las condiciones estructurales en las que se encuentran las edificaciones del municipio de Mistrató, dando un parte técnico de las posibles intervenciones que basadas en la NSR – 10 se deben efectuar para cada estructura dependiendo de sus características y el estado de estas frente a la amenaza sísmica.

Esta investigación está basada y apoyada con el municipio de Mistrató por la tanto esta de vital importancia la información aportada por el municipio para el desarrollo de la misma entre la que se encuentra el aporte de planos, diseños estructurales, arquitectónicos, estudios suelos y reseñas históricas.

De acuerdo a la información suministrada por el municipio y la clasificación de las edificaciones indispensables se comienza el diagnóstico de la condición estructural de las edificaciones identificadas como indispensables.

Cada edificación será evaluada a la luz de la NSR-10 mediante el software ETABS y de esta manera poder determinar las deficiencias estructurales de los diferentes elementos que componen cada edificación y su consecuente vulnerabilidad.

Adicionalmente, una vez definida la vulnerabilidad de cada edificación, se formularán las medidas proximales necesarios de ejecutarse, para que cada construcción satisfaga los requerimientos de norma y de esta manera la administración municipal esté al día con las recomendaciones y exigencias de la NSR-10 y la Ley 1523 de 2012.

Este proyecto se divide en las siguientes partes:

Se recolecta información de fuentes primarias (proveniente del municipio) y de fuentes secundarias (bibliotecas, libros, transmisión oral, entre otros).

Con la información pertinente se procede a determinar el estado de vulnerabilidad de las estructuras mediante un instrumento de caracterización adaptado de la Red Nacional de Evaluadores (R.N.E) de México y suministrado y evaluado por la Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres y Emergencias (O.M.P.A.D.E) de Dosquebradas y el equipo investigador de la Universidad Libre seccional Pereira.

Basado en la información recolectada mediante la ficha de caracterización se procede a evaluar las características de cada edificación mediante el software Etabs.

Con los resultados obtenidos mediante el software Etabs se procede a determinar las medidas proximales que basadas a la luz de la NSR-10 dan las condiciones de resistencia ante la eventualidad de un evento sísmico.

El proyecto en cuestión se convierte en un importante insumo para las autoridades municipales, en virtud de que a partir de dicho diagnóstico se mejorará el conocimiento de los factores generadores de riesgo en el territorio municipal y ello redundará en un mejor nivel de preparación y respuesta frente a los potenciales impactos que se podrían derivar de la ocurrencia de un evento sísmico en la región.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACION

El Municipio de Mistrató, es está localizado a los 5°17'52" latitud Norte y a los 75°52'58" de longitud Oeste con una superficie de 570.7 km², cuenta con aproximadamente 16,177 habitantes y está ubicada en el Departamento de Risaralda el cual se encuentra en la parte centro-occidente del país. Las actividades económicas más significativas son la agricultura, ganadería, explotación forestal y minería.

Según el IGAC² cuatro fallas geológicas cruzan Mistrató, la principal lleva el mismo nombre del municipio y se estima tiene una longitud de 12 kilómetros y se divide en tres segmentos en el área de Belén de Umbría y Mistrató. Esta puede generar movimientos superficiales. La segunda es la falla Cauca-Romeral considerada una de las más grandes, cruza los municipios de Belén de Umbría, Mistrató, Guática, Quinchía, Pereira y Santa Rosa de Cabal. También está la falla Apia que afecta a Pueblo Rico y Mistrató.

Al hacer un análisis de las rocas que conforman el territorio del municipio de Mistrató, registra rocas volcánicas de la era mesozoica, metamórficas y complejos metasedimentarios. Por tanto, las fallas se originan por los movimientos de diastrofismo que fracturan las duras estructuras geológicas³.

La norma de Sismo Resistencia NSR-10 define los requerimientos mínimos que debe cumplir una estructura para resistir un sismo y proteger las vidas humanas, y valor material de estas; en casos de estructuras indispensables los requerimientos se hacen más fuertes y en casos como el municipio de Mistrató que presenta fallas geológicas y por lo tanto una mayor vulnerabilidad se hace aún más estricta con las condiciones estructurales.

² INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. Risaralda, Características Geográficas, Mistrató. 2005

³ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. Caldas, Características Geográficas. 1989

Terremotos como el de Armenia en el año de 1999, que según la CEPAL⁴ causo gran cantidad de daños en las edificaciones indispensables inclusive presentándose derrumbamientos en aquellas edificaciones consideradas indispensables, hacen que se esté alerta ante un nuevo evento sísmico.

Según Narváez⁵ se consideran edificaciones indispensables aquellas que no pueden perder su funcionalidad, y por el contrario, deben garantizar la continuidad de la prestación de servicios para superar y afrontar los retos de un post-desastre. Entre las cuales se encuentran hospitales, estaciones de policía, de bomberos, centros de prevención de desastres, prestadores de servicios públicos, instituciones educativas y centros de locución.

La normatividad sismo resistente ha venido evolucionando a la par con los avances técnicos en el sector de la construcción, ampliando las exigencias en pro de un desarrollo urbano responsable. Aún con la existencia de estos adelantos normativos, en referencia a sismorresistencia en Colombia, se puede inferir que, acorde con la antigüedad de las construcciones del municipio según lo observado y mencionado por Maestre⁶, el cumplimiento de los estándares normativos actuales en el municipio de Mistrató es crítico y sensible.

La afectación que produce un sismo está dada por las características propias de una estructura entre las cuales se encuentra: ubicación, perfiles de suelos, zona de sismicidad, sistema estructural, configuración arquitectónica y estructural. Por lo cual existe de evaluar cada estructura en particular.

Debido a lo que se plantea anteriormente se formula una pregunta de investigación la cual es: ¿Cuál es el estado de vulnerabilidad de las edificaciones indispensables del Municipio de Mistrató?

⁴ COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). El Terremoto de Enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. Ciudad de México: Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo, 1999. Documento Técnico

⁵ NARVÁEZ OSORIO, Juan Diego. Diagnóstico de La Vulnerabilidad Física y Funcional del Sistema de Acueducto y Alcantarillado de Santa Rosa de Cabal. Colombia, Risaralda: Empresa de Obras Sanitarias de Santa Rosa de Cabal EMPOCABAL E.S.P. – E.I.C.E Santa Rosa De Cabal, 2002

⁶ MAESTRE Silva Omar. Apuntes para la historia del Eje Cafetero. Santa Fe de Bogotá, Diciembre 2010. Editorial Alfa Omega

2.2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto es importante ya que se va a revelar el estado de vulnerabilidad y funcional de las edificaciones indispensables en el municipio de Mistrató.

Actualmente los municipios a nivel nacional a través de las oficinas planificación y mitigación de desastres desarrollan planes para controlar las diferentes amenazas que puedan generarse.

Los sistemas de construcción que se han desarrollado aún no han sido puestos a prueba por un sismo y casos como el terremoto de Armenia en 1999 demuestran que hay que estar preparados y en alerta ante una emergencia. En este caso lo último que debe de colapsar son las estructuras indispensables.

Según la C.A.R.D.E.R⁷ en el municipio de Mistrató es vulnerable ante la amenaza de sismos debido a las características geológicas que presenta y según Pozo⁸ las edificaciones del municipio son antiguas (construidas antes del año 1990) lo cual puede sugerir que son más vulnerables ante una amenaza al no estar diseñadas bajo norma sismo resistente.

Abordar este tipo de ejercicios investigativos contribuirá de manera notoria en el mejoramiento de las condiciones diagnósticas de edificaciones que, al momento de ocurrencia de un evento catastrófico,

El municipio de Mistrató, a través de la Secretaría de Planeación, y los servicios de salud y atención y prevención de desastres, recibirán una herramienta de toma de decisiones y de impulso en el fortalecimiento de los mecanismos e instrumentos de gestión del riesgo de desastres.

⁷ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA (C.A.R.D.E.R.). Base Ambiental Mistrató. Risaralda, Colombia: C.A.R.D.E.R, 2010

⁸ POZO Quintana María. Reseña Histórica Municipios Eje Cafetero. Febrero 2005. Risaralda, Colombia

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables de los grupos III y IV en el municipio de Mistrató.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la condición constructiva de 6 edificaciones indispensables del municipio de Mistrató, mediante los instrumentos técnicos pertinentes.
- Levantar la información estructural y arquitectónica de las edificaciones que no cuentan con dichos soportes técnicos y/o verificar las condiciones estructurales de campo de aquellas que cuenten con los mismos.
- Modelar mediante software especializado (ETABS), la condición estructural y vulnerabilidad de las edificaciones objeto de estudio, según los estándares de las NSR-10.
- Establecer de manera proximal las medidas de mitigación requeridas para el cumplimiento de los mínimos establecidos en la NSR-10 para edificaciones indispensables de los Grupos III y IV.

4. ANTECEDENTES

4.1 ANTECEDENTES INSTITUCIONALES

La universidad libre ha desarrollado con anterioridad estudios sobre vulnerabilidad estructural algunos de estos se evidencian en la tabla 1.

Tabla 1: Estudios Vulnerabilidad Estructural.

Nombre Estudio	Autores	Fecha
Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Funcional del Sector Educación del Municipio de Dosquebradas	Kelly Johanna Ramírez Cuervo y Camilo Andrés Urrea Hernández	2014
Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural Para el Sector Educativo en el Municipio de Dosquebradas	Daniel García Tamayo, Alejandro Jiménez Posada y Carlos Andrés Reinales Peña	2015
Evaluación de La Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones Indispensables del Sector Educación Del Grupo III en el Municipio de Dosquebradas, RISARALDA	Cristian Edwin Cardona, Giovanna Medina López y David Esteban Serna Restrepo	2016
Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones Indispensables del Grupo III y IV en el Municipio de Viterbo, Caldas	Alejandro Osorio Gaviria, Andrés Felipe Osorio Ramírez	2017

4.2 ANTECEDENTES NACIONALES

4.2.1 Lo hallado por MUÑOZ, RUIZ, PRIETO y RAMOS⁹ en su trabajo de Estimación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación indispensable mediante confiabilidad estructural es lo siguiente:

Resumen.

En el presente trabajo se resumen los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del sistema estructural de una edificación indispensable usando las técnicas de confiabilidad estructural. El proyecto de investigación se basó en recopilación de información existente, estudios de patología, levantamiento estructural y la evaluación de amenaza sísmica local. Para evaluar la capacidad a cortante de la estructura se realizó un análisis estático no lineal de pushover de tres modelos estructurales del edificio, variando su rigidez en función de cien datos del módulo de elasticidad y las resistencias a la compresión del concreto. El primer modelo es el original sin refuerzo, el segundo es rehabilitado con diagonales concéntricas de acero y el tercero consiste en un muro en concreto reforzado.

Resultados.

Para el análisis de los resultados se calificó el nivel de seguridad de las edificaciones en función del índice de confiabilidad, empleando los límites generales recomendados por varios autores los cuales definen el valor objetivo de la probabilidad de falla.

La estructura existente sin refuerzo tiene un índice de confiabilidad de 1.6, correspondiente a una probabilidad de falla anual de 0.05480, la cual representan un riesgo inminente y niveles de seguridad inadecuada. Es necesario tomar acciones urgentes considerando que es una edificación indispensable. Reforzada dicha edificación mediante un muro cortina en concreto reforzado, se tienen un índice de confiabilidad de 3.6, lo que representa también una seguridad aceptable.

⁹ MUÑOZ, Edgar; RUIZ, Daniel; PRIETO Javier y RAMOS Ana. 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, 2006. Boletín Técnico

4.2.2 Lo hallado por MALDONADO RONDÓN, CHIO CHO y GÓMEZ ARAUJO¹⁰ en su trabajo sobre: Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basada en la opinión de expertos, es lo siguiente:

Resumen.

En este trabajo se presenta un modelo rápido y sencillo de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería a escala regional. El modelo fue construido de forma que puede ser aplicado especialmente a zonas donde no se cuenta con información de daños sísmicos reales. El método se basa en la identificación de las características más relevantes e influyentes en el daño que sufrirá una edificación de mampostería bajo la acción de un sismo. La valoración de estas características se realizó mediante la determinación de once parámetros, a los cuales se les asignó un grado de vulnerabilidad y un valor de importancia relativa con base en la opinión de expertos.

Resultados.

Hoy en día, la necesidad de realizar estudios de vulnerabilidad ante las diferentes amenazas a las que están sometidas las ciudades conlleva aplicar modelos propuestos en otros contextos o construir los propios. Al utilizar modelos construidos con datos de otros lugares donde las características estructurales son diferentes a las nuestras, se corre el riesgo de utilizar modelos inadecuados y, por consiguiente, obtener valores incorrectos.

La metodología propuesta se fundamenta en la evaluación de los parámetros que más influyen en la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, que corresponden al sistema estructural, a la calidad del sistema resistente, a la posición de la cimentación, al tipo de suelo y pendiente del terreno, al tipo de diafragma horizontal, a la configuración en planta y elevación, a la distancia máxima entre los muros, al tipo de cubierta y al estado de conservación de la edificación.

En la construcción del modelo se contó con opiniones de expertos nacionales e internacionales de México, Chile, Perú, Venezuela y Puerto Rico, los cuales consideraron que los parámetros más relevantes corresponden al sistema estructural y la calidad del sistema resistente.

¹⁰ MALDONADO RONDÓN, Esperanza; CHIO CHO, Gustavo y GÓMEZ ARAUJO, Iván. Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos. Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander, Colombia, Junio de 2007. Artículo Científico

4.3 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

4.3.1 Lo hallado por SAFINA MELONE¹¹ en el trabajo de Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico es lo siguiente:

Resumen.

El presente trabajo se dedica al estudio de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de las edificaciones esenciales. Se destaca la relevante función que desempeñan en la atención y gestión de la emergencia debido a sismos y la necesidad de crear un cuerpo de prescripciones específicas que permita adecuar las edificaciones existentes y construir las nuevas con requisitos compatibles a su nivel de importancia.

Objetivos.

Como objetivo general se pretende revisar los principios que sirven de fundamento para definir las instalaciones que deben considerarse como esenciales para la atención de la emergencia sísmica. Justificar su importancia relativa y la necesidad de establecer metodologías específicas para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales y su contribución al riesgo sísmico de una comunidad, con miras a crear una plataforma suficientemente amplia, que permita racionalizar los criterios de evaluación de estas edificaciones en concordancia con su importancia relativa, como una contribución a la prevención, mitigación y gestión del riesgo sísmico de una comunidad.

Resultados.

Este trabajo se dedica al estudio de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificaciones esenciales, orientado al análisis del sistema sanitario como paradigma de edificios y sistemas esenciales en caso de desastre. Se destaca la relevante función que las edificaciones esenciales desempeñan en la atención y gestión de la emergencia debido a sismos. Además se resalta la necesidad de crear un cuerpo de prescripciones específicas que permita adecuar las edificaciones existentes y construir las nuevas con requisitos compatibles a su nivel de importancia.

¹¹ SAFINA MELONE, Salvador. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña; Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Diciembre de 2002. Tesis Doctoral.

4.3.2 Lo hallado por BONETT DÍAZ¹², en su trabajo sobre: Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada, es lo siguiente:

Resumen.

Las nuevas tendencias en la Ingeniería Sísmica, reconocen la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de los edificios en entornos urbanos. De hecho, es allí donde se concentra la mayor parte de la población mundial, las infraestructuras y los servicios. Así pues, el comportamiento de los edificios ante la ocurrencia de sismos intensos, es el responsable de evitar verdaderas catástrofes sísmicas, como las que hasta la fecha, continúan dejando pérdidas económicas millonarias y un número inaceptable de víctimas mortales.

Objetivos.

El objetivo principal de esta investigación, consiste en desarrollar e implementar una metodología para la evaluación del desempeño, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de edificios, y una aplicación a dos tipologías estructurales típicas de los edificios existentes en los entornos urbanos: 1) los edificios a porticados de hormigón armado, ampliamente utilizados en zonas de sismicidad moderada y alta y 2) los edificios de mampostería no reforzada, que constituyen la gran mayoría de las estructuras antiguas existentes en zonas urbanas.

Resultados.

Gran parte de la presente investigación sigue una nueva filosofía de diseño que se fundamenta, principalmente, en que el desempeño sísmico de un edificio, estructura o infraestructura ante diferentes niveles del movimiento sísmico, debe cumplir con los objetivos básicos del diseño. Los niveles de desempeño o estados de daño admisibles serán claramente distintos, por ejemplo, para un hospital sometido a una acción sísmica frecuente, que para un edificio de uso esporádico u ocasional sometido a una acción sísmica que, aunque severa, es poco frecuente. Estos niveles de desempeño admisibles deben ser verificados durante el diseño. En la actualidad existen varias propuestas para la evaluación del punto de desempeño, cada una de ellas presenta ventajas y limitaciones que deben ser evaluadas, para orientar la elección del método que mejor permita predecir el comportamiento del edificio o tipo de edificios.

¹² BONETT DÍAZ, Ricardo. Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 17 de Octubre de 2003. Tesis Doctoral

4.3.3 Lo hallado por ROCA, IRIZARRY, LANTADA, BARBAT, GOULA, PUJADES, y SUSAGNA¹³, en su trabajo sobre: Método Avanzado para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico. Aplicación a la Ciudad de Barcelona, es lo siguiente:

Resumen.

Este trabajo resume la participación de la ciudad de Barcelona en el proyecto europeo RISK-UE: Un método avanzado para la evaluación de escenarios de riesgo sísmico con aplicación a diferentes ciudades europeas, el cual consiste en definir y aplicar metodologías para la evaluación de la peligrosidad, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico en 7 ciudades europeas. La evaluación de la peligrosidad se realiza usando métodos deterministas y probabilistas en términos de intensidades y valores espectrales de aceleración. La vulnerabilidad del parque de edificios de Barcelona se evalúa usando el método del índice de vulnerabilidad y el del espectro de capacidad para así generar varios escenarios de riesgo sísmico para la ciudad.

Resultados.

La evaluación determinista de la peligrosidad sísmica en términos de Intensidad macro sísmica da lugares a valores parecidos a los obtenidos por estudios anteriores. La evaluación determinista en términos de valores espectrales de aceleración ha dado lugar a estimaciones más bajas que las correspondientes al análisis probabilista para un período de retorno de 475 años. Los factores de amplificación espectral correspondientes a los distintos suelos presentes en la ciudad son comparables a los propuestos en el Euro código 8. Por otro lado no se esperan efectos inducidos, como fenómenos de licuefacción, debido a los bajos valores de las velocidades del suelo calculados, confirmado por la ausencia de registros históricos de tales fenómenos en la ciudad.

El parque de edificios de Barcelona está principalmente compuesto por edificios de mampostería y de hormigón, que constituyen un 79% y 18% respectivamente del total de edificios existentes. La evaluación de la vulnerabilidad de los edificios de vivienda ha mostrado que los edificios de mampostería son más antiguos y más vulnerables que los de hormigón. Se han generado curvas de capacidad y de fragilidad, específicas para ambas tipologías, propias de la ciudad de Barcelona.

¹³ ROCA, Andrés, IRIZARRY, Jhon; LANTADA, Nathalla; BARBAT, Alexander; GOULA, Xion; PUJADES, Lina y SUSAGNA Tatiana. Método Avanzado para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico. Aplicación a la Ciudad de Barcelona. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 18 de Julio de 2006. Tesis Doctoral

4.3.4 Lo hallado por MENA HERNÁNDEZ¹⁴ , en su trabajo sobre: Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas, es lo siguiente:

Resumen.

Las grandes ciudades modernas situadas en áreas de peligrosidad sísmica moderada o baja tienden a minusvalorar el peligro sísmico y a descuidar precauciones básicas de protección frente a los terremotos. Ello conlleva un aumento de su vulnerabilidad y, en consecuencia, suelen presentar un elevado riesgo sísmico que, a su vez, aumenta con el tiempo. Este trabajo probablemente está entre los primeros que obtienen escenarios de daño sísmico de una gran ciudad de las características de Barcelona, mediante una aproximación que permite y efectúa un análisis edificio a edificio. Para ello se ha diseñado una herramienta informática sobre plataforma estación de trabajo SUN y sistema de información geográfica ARCINFO que permite la incorporación y gestión de la información necesaria para la generación de escenarios de daño.

Objetivos.

En los últimos diez años se ha alcanzado un avance importante en el estudio del Riesgo Sísmico en la ciudad de Barcelona, gracias a los trabajos realizados por la Universidad Politécnica de Cataluña, el Instituto Cartográfico de Cataluña y el Ayuntamiento de Barcelona, entre otras instituciones. Esto ha permitido mejorar la metodología propuesta para la evaluación de la calidad estructural de los edificios y evaluar los posibles escenarios de daño como consecuencia de un terremoto.

Resultados.

Sin duda, los estudios de Riesgo Sísmico son un tema delicado por las graves consecuencias que realmente conllevan las catástrofes sísmicas, ya que no sólo afecta al comportamiento de las estructuras, sino que causan la pérdida de vidas humanas, la paralización de la actividad normal de la ciudad y una gran cantidad de efectos colaterales. Por tal motivo, los resultados obtenidos en este trabajo se deben analizar cuidadosamente antes de tomar cualquier decisión, para evitar que los resultados que sobrestimen el daño induzcan a considerarlos exagerados mientras que resultados que subestimen conduzcan a una falsa confianza, con las consecuentes medidas de emergencia que pueden llegar incluso a ser nulas.

¹⁴ MENA HERNÁNDEZ, Ulises. Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Septiembre de 2005. Tesis Doctoral

4.3.5 Lo hallado por UGARTE¹⁵, en su trabajo sobre: Metodología de modelación de escenarios de riesgo sísmico en Managua, Nicaragua, es lo siguiente:

Resumen.

La investigación Metodología de Modelación de Escenarios de Riesgo Sísmico en Managua, Nicaragua fue ejecutada por el proyecto REDUCCION DEL RIESGO SISMICO EN CENTROAMERICA en su fase II, bajo el auspicio del Centro de Prevención de Desastres en América Central, del cual la Universidad Nacional de Ingeniería. Dicha investigación presenta los análisis y resultados de la actualización de la amenaza sísmica, zonificación tectónica y aceleraciones espectrales esperadas de Centroamérica y en particular de Managua, Nicaragua. Se presentan formatos de recopilación de información y también algunos ejemplos de los resultados obtenidos de los datos de campo levantados directamente de las edificaciones de viviendas de un barrio de Managua, así como de una extrapolación lograda sobre la base de datos catastrales de la ciudad de Managua. A partir de una muestra de viviendas típicas se establece una clasificación o tipología por cada sistema constructivo a los cuales se les aplico el Método de Análisis Estático No Lineal de Estructuras generándose un análisis de la capacidad de la estructura acorde con una demanda y por ende el punto de desempeño, el cual representa el Máximo Desplazamiento Estructural esperado para un sismo dado y así reflejar el grado de vulnerabilidad.

Resultados.

Se ha elaborado un catálogo sísmico regional, actualizado hasta 2007 y homogeneizado a Magnitud, Mw.

Se han definido dos zonificaciones sismo genéticas, regional y nacional, con zonas en tres grupos: corticales, subducción interface y subducción intraplaca. Se han identificado modelos de atenuación idóneos para la región, separando zonas de fallamiento local, subducción interfase y subducción intraplaca.

Se han obtenido resultados de amenaza específicos para las 6 capitales de países Centroamericanos: Hay mayor amenaza en Ciudad de Guatemala y San Salvador, seguidas de San José y Managua y menor amenaza en Panamá y Tegucigalpa.

¹⁵ UGARTE, Alexander. Metodología de modelación de escenarios de riesgo sísmico en Managua, Nicaragua. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Arquitectura, 11 de Noviembre de 2009. Artículo Científico

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO GEOGRÁFICO

El municipio de Mistrató cuenta con las siguientes edificaciones indispensables las cuales son 6.

Tabla 2: Datos Edificaciones Indispensables.

Nombre	Localización	Año de Construcción	Sistema Estructural Predominante
Escuela Instituto Mistrató	Zona Urbana	1963	Muros Estructurales
Instituto Mistrató (Colegio)	Zona Urbana	1963	Pórticos
Hospital San Vicente de Paul	Zona Urbana	1970	Pórticos
Estación de Bomberos Mistrató	Zona Urbana	1980	Pórticos
Casa de la Cultura	Zona Urbana Carrera 5ª N° 5-27	1997	Mampostería Confinada
Alcaldía	Zona Urbana	1977	Pórticos

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 Comportamiento Estructural de Edificaciones.

“Según Díaz¹⁶ se entiende por comportamiento estructural al funcionamiento de una estructura o edificación bajo cierto estado de cargas dependiente de su configuración, sistema estructural, localización, entre otros aspectos propios de la edificación.

El comportamiento de una estructura debe estar bajo las diferentes acciones para las que se postule o establezca que debe tener capacidad de respuesta.

Sobre una estructura pueden actuar diferentes tipos de acciones exteriores que también deben ser tenidas en cuenta las cuales son:

- Acción gravitatoria: peso propio, carga permanente, sobrecargas, movimientos forzados.
- Acciones térmicas: flujo de calor por conducción, convección o radiación, transitorios térmicos.
- Acciones Teológicas: retracción, fluencia.
- Acción del terreno: empujes activos, asentamientos

Para efectos de diseño sísmico la edificación debe clasificarse como regular o como irregular en planta y en altura o como redundante o con ausencia de redundancia.

Configuración Estructural.

Se entiende por configuración estructural de la edificación, no solamente la forma exterior de ella y su tamaño, sino la naturaleza, las dimensiones y la localización de los elementos estructurales, y no estructurales, que afecten el comportamiento de la edificación ante las sollicitaciones sísmicas.

¹⁶ DÍAZ, Gloria. Diseño Estructural en Arquitectura, 1ª edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial Nobuko, 2005

Configuración en Planta.

La edificación se considera irregular cuando se presenta alguno de los casos que se muestran en la figura 1.

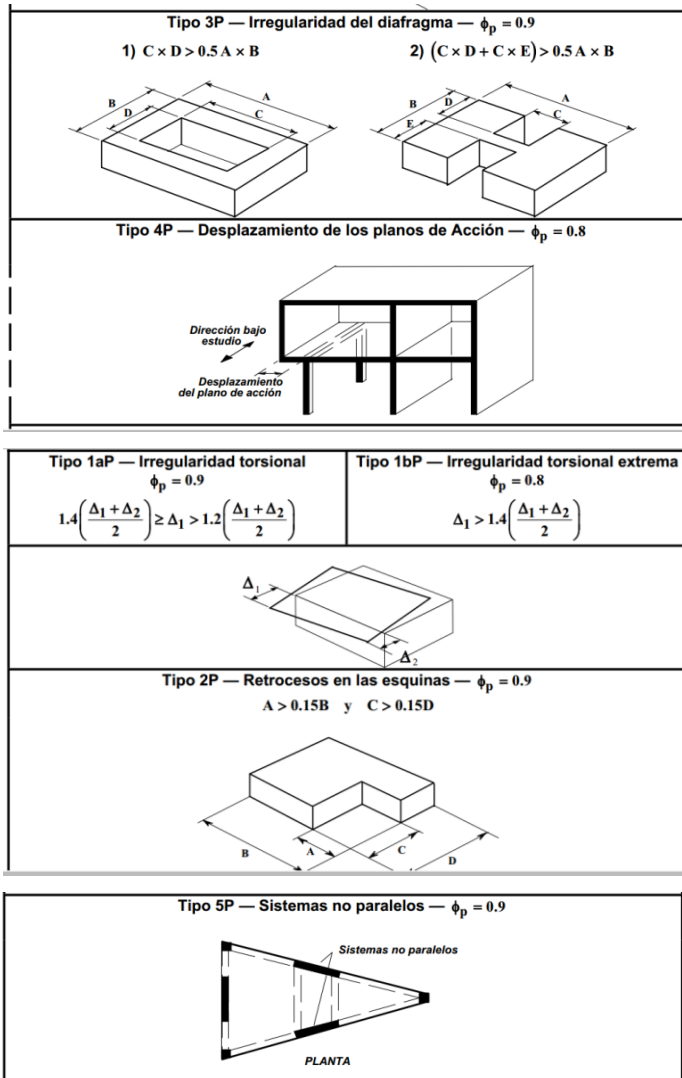


Figura 1: Configuración en Planta
Fuente: NSR-10, título A

Configuración en La Altura.

Una edificación se clasifica como irregular en altura, cuando se cumple algunos de los casos mostrados en la figura 2.

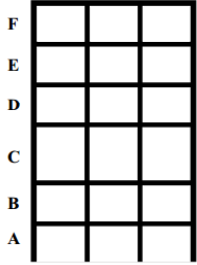
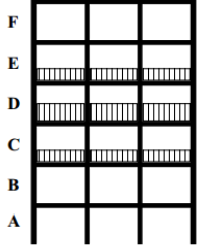
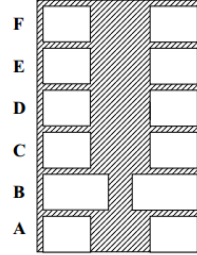
<p>Tipo 1aA — Piso flexible $\phi_a = 0.9$ $0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C < 0.70 \text{ Rigidez } K_D$ o $0.70 (K_D+K_E+K_F) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C < 0.80 (K_D+K_E+K_F) / 3$</p>	
<p>Tipo 1bA — Piso flexible extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Rigidez } K_C < 0.60 \text{ Rigidez } K_D$ o $\text{Rigidez } K_C < 0.70 (K_D+K_E+K_F) / 3$</p>	
<p>Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ o $m_D > 1.50 m_C$</p>	
<p>Tipo 5aA — Piso débil $\phi_a = 0.9$ $0.65 \text{ Resist. Piso C} \leq \text{Resist. Piso B} < 0.80 \text{ Resist. Piso C}$</p>	
<p>Tipo 5bA — Piso débil extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Resistencia Piso B} < 0.65 \text{ Resistencia Piso C}$</p>	

Figura 2: Configuración en Altura
Fuente: NSR-10, título A

Según la NSR-10 cuando para todos los pisos, la deriva de cualquier piso es menor de 1.3 veces la deriva del piso siguiente hacia arriba, puede considerarse que no existen irregularidades en altura. No hay necesidad de considerar en esta evaluación las derivas de los dos pisos superiores de la edificación ni los sótanos que tengan muros de contención integrados a la estructura en toda su periferia. Las derivas utilizadas en la evaluación pueden calcularse sin incluir los efectos torsionales. Así mismo, no se considera irregular la estructura flexible apoyada sobre una estructura con mayor rigidez que cumpla los requisitos

5.2.2 Sistemas Estructurales.

La NSR-10¹⁷ reconoce cuatro tipos generales de sistemas estructurales de resistencia sísmica. Cada uno de ellos se subdivide según los tipos de elementos

¹⁷ NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D.C, 2010.

verticales utilizados para resistir las fuerzas sísmicas y el grado de capacidad de disipación de energía del material estructural empleado.

5.2.2.1 Sistema de muros de carga

Según Barba¹⁸ es un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.

Elementos tipo muro: “Estos elementos se caracterizan por tener dos de sus dimensiones mucho más grandes que la tercera dimensión y porque las cargas actuantes son paralelas a las dimensiones grandes. Debido a estas condiciones de geometría y carga, el elemento trabaja principalmente a cortante por fuerzas en su propio plano. Adicionalmente a esta gran rigidez a corte los muros también son aptos para soportar cargas axiales siempre y cuando no se pandeen”.

Muros Estructurales los muros estructurales también llamado como sistema tipo túnel se conoce a los arreglos entre placas verticales (muros), las cuales funcionan como paredes de carga, y las placas horizontales (losas).

Este sistema genera gran resistencia y rigidez lateral, pero si la disposición de los muros se hace en una sola dirección o se utiliza una configuración asimétrica en la distribución de los muros, se generan comportamientos inadecuados que propician la posibilidad del colapso.

Ventajas.

- Es un sistema que constructivamente es rápido de ejecutar, es decir tiene un alto rendimiento.
- Comparado a un sistema porticado tradicional, el sistema Tipo Túnel puede costar entre un 25 a 30% menos. Además de su rápida ejecución, el hecho de ya tener muros permite un ahorro en costos en la construcción de las paredes de bloques y el precio de las mismas.

¹⁸ BARBA Casanovas Enric. La Estructura de los edificios. Madrid, España 2001. Editorial Club Universitario

- Es un sistema que bien configurado es poco propenso al colapso, ya que ofrece gran resistencia a los esfuerzos laterales.
- Como es un sistema muy rígido, donde casi no se producen desplazamientos laterales, los elementos no estructurales no sufren daños considerables.
- Termina siendo una estructura mucho más liviana que el sistema a porticado, y gracias a su rigidez lateral se pueden llegar a construir edificios de más de 30 pisos de altura.

Desventajas.

- Por ser un sistema que posee gran rigidez, estará expuesto a grandes esfuerzos sísmicos, los cuales tienen que ser disipados por las fundaciones, esto significa que debe estar sustentado por un suelo con gran capacidad portante.
- Por poseer losas de delgado espesor, la longitud de los ramales de instalaciones de aguas servidas es limitada. En algunos casos se tiene que llegar a aumentar el espesor de la losa donde van ubicados los baños para poder cumplir con las pendientes.
- Ya que los muros son continuos dificulta la distribución de los espacios internos. Generalmente se requiere en la planta baja mayores espacios libres, ya sea para estacionamientos o en el caso de un hotel para el lobby.
- Puede llegar a ser un sistema muy vulnerable si la configuración estructural no posee líneas de resistencias en las dos direcciones ortogonales. Por lo cual es muy importante que exista una interacción entre Arquitecto-Ingeniero al momento de realizar el proyecto¹⁹

5.2.2.2 Sistema combinado

Según Díaz²⁰ el sistema combinado es un sistema estructura, en el cual: (a) Las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o (b) Las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, y que no cumple los requisitos de un sistema dual.

¹⁹ BARBA Casanovas Enric. La Estructura de los edificios. Madrid, España 2001. Editorial Club Universitario

²⁰ DÍAZ, Gloria. Diseño Estructural en Arquitectura, 1ª edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial Nobuko, 2005

5.2.2.3 Sistema de pórtico

Según Bozzo²¹ el sistema pórtico un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

Ventajas.

- Permite más distribuciones en los espacios internos del edificio.
- Son estructuras muy flexibles que atraen pequeñas sollicitaciones sísmicas.
- Disipan grandes cantidades de energía gracias a la ductilidad que poseen los elementos y la gran hiper-elasticidad del sistema.

Desventajas.

- El sistema en general presenta una baja resistencia y rigidez a las cargas laterales.
- Su gran flexibilidad permite grandes desplazamientos lo cual produce daños en los elementos no estructurales.
- Es difícil mantener las derivas bajo los requerimientos normativos.
- Por su alta flexibilidad, el sistema da lugar a períodos fundamentales largos, lo cual no es recomendable en suelos blandos.
- El uso de este sistema estructural está limitado a estructuras bajas o medianas. Ya que a medida que el edificio tenga más pisos, mayores tendrían que ser las dimensiones de las columnas, lo cual puede hacer el proyecto inviable económica y arquitectónicamente.
- Para los edificios con sistemas de pórticos rígidos se estima que en zonas poco expuestas a sismos el límite puede estar alrededor de 20 pisos, Y para zonas de alto riesgo sísmico alrededor de 10 pisos.

²¹ BOZZO Luis, Barbat Alex. Diseños Sismo Resistentes de Edificios Técnicas convencionales y Avanzadas. Barcelona, España diciembre 2015. Editorial reverté S.A

5.2.2.4 Sistema Dual

Según Hibbeler²² el sistema dual es un sistema que tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales.

5.2.3 Análisis Estructural.

Gonzales²³ define el análisis de una estructura como el proceso sistemático que concluye con el conocimiento de las características de su comportamiento bajo un cierto estado de cargas. Incluyendo, habitualmente, bajo la denominación genérica de estudio del comportamiento tanto el estudio del análisis de los estados tensional y deformacional alcanzados por los elementos y componentes físicos de la estructura como la obtención de conclusiones sobre la influencia recíproca con el medio ambiente o sobre sus condiciones de seguridad. Es pues el objetivo del análisis de una estructura la predicción de su comportamiento bajo las diferentes acciones para las que se postule o establezca que debe tener capacidad de respuesta.

Algunos métodos de análisis son los siguientes: Método de la fuerza horizontal equivalente, métodos de análisis dinámico elástico, métodos de análisis dinámico inelástico y métodos de análisis alternos.

5.2.4 Vulnerabilidad.

Según la C.A.R.D.E.R²⁴ vulnerabilidad es la exposición, debilidad o incapacidad de resistencia frente a las amenazas que presenta una comunidad, persona o elemento que es considerado de valor para el hombre; también se refiere a la incapacidad para recuperarse de los efectos de un desastre, lo cual no sólo depende de la convivencia con las amenaza, sino de múltiples factores presentes en la localidad.

5.2.4.1 Vulnerabilidad Estructural.

²² HIBBELER, Russel. Análisis Estructural, Octava Edición. México: Editorial PEARSON EDUCACIÓN, 2012

²³ GONZALES Cuevas Oscar. Análisis Estructural. México DF ,2005. Limusa Norega Editores

²⁴ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE Risaralda (C.A.R.D.E.R.). Diagnóstico de Riesgos Ambientales. Risaralda, Colombia: C.A.R.D.E.R, 2011

Según Safina²⁵ Referida a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a la probable afectación en aquellas partes esenciales de una estructura que la mantiene erguida ante la ocurrencia de sismo intenso; esto incluye: los elementos estructurales como fundaciones, columnas, vigas.

5.2.4.2 Vulnerabilidad Operativa.

Se refiere a los sistemas de líneas vitales, su funcionamiento y las actividades operativas que se desarrollan dentro de la edificación, orientadas a la prevención y reducción de riesgos.

5.2.4.3 Vulnerabilidad Sísmica.

Según Sepúlveda²⁶ la vulnerabilidad sísmica es la predisposición o susceptibilidad de elementos expuestos de la estructura a ser afectado por la ocurrencia de un evento sísmico de intensidad determinada. Los códigos sismo resistentes establecen exigencias mínimas para proteger la vida de los usuarios.

5.2.5 Sismos.

Colombia es un país con un alto riesgo sísmico debido a su ubicación en el cinturón de fuego del Pacífico y a la triple unión de placas en aquella zona. En esta zona hay cuatro zonas de alto riesgo sísmico ubicadas en los departamentos de Nariño y Cauca, el Choco, el Eje Cafetero y Santander y Norte de Santander.

Según Ingeominas²⁷, en Colombia hay un promedio de 7 sismos entre 5,0 y 5,9 (MS) y 1 de una magnitud entre 6,0 y 6,9 (MS) por año. Además desde el año 1964, Año que marca inicio del uso de la instrumentación moderna hasta la actualidad se han presentado 6 sismos entre una magnitud de 7,0 y 7,9 (MS) y uno de una magnitud de 8,1 (MS).

²⁵ SAFINA MELONE, Salvador. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña; Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Diciembre de 2002. Tesis Doctoral.

²⁶ SEPULVEDA LEON Andrés Amador. Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de hospitales de Chile. Santiago de Chile, 1997. Universidad de Chile

²⁷ INGEOMINAS. Historia de Sismos en Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia. 2015.

Efectos de un Sismo.

El efecto de los sismos sobre las estructuras depende de las características dinámicas tanto de la estructura como del movimiento. El problema es sumamente complejo, pues las características dinámicas del movimiento son variables tanto durante un mismo temblor, como de uno a otro temblor, dependiendo de la distancia epicentral, profundidad focal y magnitud del sismo, así como del tipo de terreno en que estén desplantadas las estructuras.

Las características de interés del movimiento son la duración, la amplitud y la frecuencia, refiriéndose la amplitud a los máximos valores que se alcanzan durante el sismo, ya sea de desplazamiento, velocidad o aceleración del suelo y la frecuencia al número de ciclos de oscilación del movimiento por unidad de tiempo.

Por otro lado, las características dinámicas de las estructuras no son fáciles de estimar correctamente, debido a las incertidumbres existentes en la determinación de las propiedades elástico-geométricas de los elementos que conforman las estructuras, a la variación de las propiedades al presentarse comportamiento inelástico, así como a incertidumbres en cuanto a la colaboración a la resistencia y rigidez de elementos no estructurales, que suelen participar en la respuesta sísmica debido a que es difícil desligarlos adecuadamente de la estructura. También es poco frecuente incluir la participación de la cimentación y del suelo circundante en la determinación de las propiedades dinámicas de un edificio.

La rigidez, tanto de entrepiso como angular o lineal, depende del tamaño de la sección transversal de los elementos estructurales. con lo que se calculan las propiedades geométricas: áreas y momentos de inercia, de su longitud, de la forma en que están conectados a otros elementos y del material con que están hechos, lo que define las propiedades elásticas como módulo de elasticidad, módulo de Poisson y módulo de cortante.

Debido a lo anterior, en general se elaboran modelos matemáticos elásticos muy simplificados de las estructuras, pues aún con ayuda de las computadoras, el problema dista de ser manejable. Entre las características más importantes que pueden obtenerse de los modelos están los periodos de oscilación de cada uno de los distintos modos en que pueden vibrar y las formas de estos modos, entendiéndose por periodo el tiempo que tarda en ocurrir una oscilación completa²⁸.

²⁸ INGEOMINAS. Historia de Sismos en Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia. 2015.

5.3 MARCO CONCEPTUAL

5.3.1 Amenaza

Según la C.A.R.D.E.R²⁹ se denomina amenaza a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno peligroso de origen natural o antrópico en un tiempo dado y en una localidad no adaptada para afrontarlo sin traumatismos. Las amenazas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Amenazas Naturales:** Son aquellas que tienen su origen en la dinámica propia del Planeta Tierra.
- **Amenazas Socio - Naturales:** Son aquellas que se expresan a través de fenómenos que parecen ser productos de la dinámica de la naturaleza, pero que en su ocurrencia o en la agudización de sus efectos interviene la acción humana.

5.3.2 Riesgo

Según la Corporación Autónoma Regional de Risaralda [CARDER]³⁰ el riesgo es la probabilidad de que ocurra un desastre. Se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

5.3.3 Edificaciones Indispensables.

Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alternativo. Este grupo debe incluir: (a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicos y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias, (b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión, (c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia, (d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía

²⁹ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA (C.A.R.D.E.R). Base Ambiental con Énfasis en Riesgos Municipio de Pereira. Colombia, Risaralda: C.A.R.D.E.R, Diciembre 2013

³⁰ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA (C.A.R.D.E.R). Base Ambiental con Énfasis en Riesgos Municipio de Pereira. Colombia, Risaralda: C.A.R.D.E.R, Diciembre 2013

eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos, (e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público.

5.3.4 Tipo de material.

“El tipo de material usado en la estructura define la resistencia, la flexibilidad, la durabilidad y muchas otras características de la estructura. Entre los materiales más comunes están el hormigón, acero, madera, piedra, unidades de arcilla cocida, plástico, etc. Como se mencionaba al principio en la definición de ingeniería estructural, el avance en el conocimiento de las propiedades de los materiales nos permite que nuestro análisis se acerque más a la realidad”.

5.4 MARCO NORMATIVO O LEGAL

Un marco normativo delimita las condiciones y normas en que se basa un trabajo y da soporte técnico y legal a las bases con que se constituye dicha investigación; en la tabla 3 se muestran las normas en las que se basa esta investigación.

Tabla 3: Normas

Norma	Descripción	Pertinencia Norma
NSR-10	Es el reglamento sismo resistente de Colombia el cual indica lo que se debe hacer en las estructuras.	Aplica a todos los chequeos pertinentes que se realizaran de las comprobaciones estructurales.
Ley 400 de 1997	Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo-Resistentes.	Establece los criterios mínimos de diseño, construcción y supervisión técnica de las construcciones.
Decreto Legislativo 919 de 1989	Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres SNAPAD	Aplica al manejo de la prevención ya utilizado por otras entidades y tomar una referencia de estas.
Ley 388 de 1997 - POT	Plan de Ordenamiento Territorial el cual es el encargado del desarrollo de la ciudad.	Es de vital importancia saber cómo funciona el desarrollo de la ciudad para saber qué áreas tendrán prioridad en estos planes.
Ley 1523 de 2012	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.	El saber la política de Gestión del Riesgo y las diferentes aplicaciones de este y las formas de que estos trabajan las amenazas da importancia y acompañamiento al ejercicio investigativo ejercido.

6. METODOLOGÍA

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema; esta investigación es cualitativa ya que estudia las características estructurales de los edificios de estudio y mirar que tan vulnerables son a los efectos de un sismo.

6.2 TIPO DE ESTUDIO

Es un estudio descriptivo ya que describe el comportamiento de las estructuras estudiadas frente a un sismo y la vulnerabilidad que tienen estas edificaciones, tratando de responder cuales son las medidas de mitigación en caso de que las estructuras se han vulnerables, también mirando la funcionalidad o el correcto desarrollo de la prestación como lugar de educación.

6.3 MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

El tener un diseño metodológico delimita el espacio de trabajo y la aplicación de cada objetivo para el desarrollo del problema la metodología aplicada se resume en la siguiente tabla:

Tabla 4: Diseño Metodológico

Objetivos	Técnica	Instrumento	Producto
Evaluar la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables del municipio de Mistrató	Observación	Ficha de Caracterización	Base de Datos
Levantar la información estructural y arquitectónica de las edificaciones que no cuentan con dichos soportes técnicos y/o verificar las condiciones estructurales de campo de aquellas que cuenten con los mismos.	Medición en Campo y Observación	Planos	Planos Instituciones Educativas
Modelar en un software especializado los índices de sobre-esfuerzo y la deriva, de las edificaciones de dos o más pisos, según los estándares de las NSR-10	Modelación en Software	Programa Etabs	Estructuras Modeladas
Establecer de manera proximal las medidas de mitigación requeridas para el cumplimiento de los mínimos establecidos en la NSR-10 para edificaciones indispensables del sector educativo.	Observación, chequeo y análisis	Comparación con la NSR – 10	Estructuras en cumplimiento de la NSR - 10

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se mostraran los resultados de cada objetivo y el desarrollo de este, analizando los resultados que se obtienen por cada objetivo de la investigación.

7.1 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

La evaluación de la vulnerabilidad estructural de cada edificación se realiza por medio de una ficha de caracterización proporcionada por medio de la Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres que se implementa en cada edificación. Estas fichas se entregan como anexo.

7.1.1 Descripción Ficha de Caracterización

Esta Ficha de Caracterización Fue desarrollada en México aunque se aplica en muchos países por su fácil utilización.

Las fichas fueron diseñadas en tamaño carta para su fácil manipulación y su impresión, tratando de reducir los costos de producción.

Antes de existiera esta ficha existían un sin número de fichas de caracterización de las cuales se tomó referencia y se crea uno de los aspectos más relevantes de esta ficha el cual recolectar información puntual lo cual permite recolectar información de forma más sencilla y poder tabular la información.

Estudios realizados con esta ficha en Colombia y puntualmente en Dosquebradas revelan su importancia y fácil manejo, permitiendo el desarrollo de cualquier tipo de caracterización estructural.

Uno de sus aspectos más importantes es el mantener la recolección de datos lo más concisa posible, ya que hace que el evaluador marque casillas y llene varias variables, lo cual delimita la información y hace que esta sea más concisa y no este arbitrariamente a lo que el evaluador quiera colocar.

En la Ficha de caracterización los datos que se introducen son: Información general del inmueble, uso de la edificación, terreno y cimentación, características de la estructura, vulnerabilidad, sistema estructural, rehabilitación, evaluación de daños,

daños máximos observables y se permite la realización de un croquis de la estructura o bloque en sí.

7.1.2 Ejemplo Ficha de Caracterización

A continuación en la figura 3 se muestra un ejemplo de la Ficha de Caracterización. Se entregan como anexo las 6 fichas de las edificaciones.

FORMATO DE CAPTURA DE DATOS PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Febrero-2011

Fecha: _____ Hora: _____ Duración visita: _____ Clave: _____

Nombre del evaluador: _____ Ingeniero o arquitecto Estudiante Ingi/Arq.

INFORMACIÓN GENERAL DEL INMUEBLE

Nombre del inmueble: _____

Nombre del edificio/cuerpo/área: _____
(usar un formato por cada edificio/cuerpo/área)

Calle y número: _____

Colonia/Barrío: _____ Código postal: _____

Localidad (pueblo/ciudad): _____

Delegación/Municipio: _____ Estado: _____

Referencias: _____
(entre calles "A" y "B", un sitio notable, etc.)

Persona contactada/propietario: _____ Cargo o función: _____

Teléfono: +() _____ Fax: _____ Correo electrónico: _____

USO *(Anotar % de área para cada uso, debe sumar 100%)*

1- Habitacional <input type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Multifamiliar <input type="checkbox"/> Hotel <input type="checkbox"/> Dormitorio	3- Educativo <input type="checkbox"/> Preescolar <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Biblioteca <input type="checkbox"/> Museo	5- Reunión <input type="checkbox"/> Centro social <input type="checkbox"/> Templo religioso <input type="checkbox"/> Gimnasio <input type="checkbox"/> Salón baile/juego <input type="checkbox"/> Cine/Teatro/Auditorio <input type="checkbox"/> Estadio	7- Comunicaciones y transportes <input type="checkbox"/> Terminal de pasajeros <input type="checkbox"/> Terminal de carga <input type="checkbox"/> Estacionamiento <input type="checkbox"/> Aeropuerto/Puerto <input type="checkbox"/> Correo / Telegrafo / Teléfono <input type="checkbox"/> Radio / Televisión <input type="checkbox"/> Antena transmisora
2- Oficinas / Comercio <input type="checkbox"/> Oficinas <input type="checkbox"/> Tienda <input type="checkbox"/> Mercado <input type="checkbox"/> Restaurante	4- Salud / Social <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Clínica <input type="checkbox"/> Asilo <input type="checkbox"/> Estancia infantil	6- Industrial <input type="checkbox"/> Fábrica <input type="checkbox"/> Taller <input type="checkbox"/> Bodega <input type="checkbox"/> Generac. eléctrica <input type="checkbox"/> De combustibles	Estructura GRUPO: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B1 <input type="radio"/> B2 <input type="radio"/> C

Ocupación: Habitada/en uso Abandonada/desocupada Desalojada por daños

Número de ocupantes o capacidad de personas: _____

TERRENO Y CIMENTACIÓN

Topografía <input type="checkbox"/> Planicie <input type="checkbox"/> Ladera de cerro <input type="checkbox"/> Rivera río/lago <input type="checkbox"/> Fondo de valle <input type="checkbox"/> Depósitos lacustres <input type="checkbox"/> Costa	Tipo suelo <input type="checkbox"/> Arcilla muy blanda <input type="checkbox"/> Limos o arcillas <input type="checkbox"/> Granular suelto <input type="checkbox"/> Granular compacto <input type="checkbox"/> Roca	SUELO <input type="radio"/> Blando <input type="radio"/> Transición <input type="radio"/> Firme	Cim. Superficial <input type="checkbox"/> Zapatas aisladas <input type="checkbox"/> Zapatas corridas <input type="checkbox"/> Cimiento de piedra <input type="checkbox"/> Losa <input type="checkbox"/> Cajón
Cimentación Profunda <input type="checkbox"/> Pilotes / pilas <input type="checkbox"/> Otro		Nivel freático: _____ m Pendiente del terreno: _____ % Distancia a río / lago / mar: _____ m	

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

No. de niveles, n = _____ Año de construcción: _____ No. de sótanos: _____ Año rehabilitación: _____	Área del terreno: _____ m ² Recarga acuíferos: _____ % Área de la planta tipo: _____ m ²	<p>PLANTA</p>
<input type="checkbox"/> Apéndice en azotea (escaleras / elevador / cuarto azotea) <input type="checkbox"/> Mezanine (losa intermedia que no cubre toda la planta) <input type="checkbox"/> Piso a media altura (de los entrepisos tipo) <input type="checkbox"/> Escalera externa <input type="checkbox"/> Semisótano (primer sótano a medio nivel de calle)	Dimensiones Generales: X = Frente: _____ m Y = Fondo: _____ m Altura Planta baja: _____ m Altura entrepisos: _____ m No. cajones estacionamiento: _____ No. elevadores: _____ No. escaleras independientes: _____	<p>ELEVACIÓN</p>

Instalaciones

<input type="checkbox"/> Elevador	<input type="checkbox"/> Eléctrica
<input type="checkbox"/> Agua potable	<input type="checkbox"/> Alcantarillado
<input type="checkbox"/> Gas	<input type="checkbox"/> Otra: _____

<<logotipos de instituciones participantes>>

VULNERABILIDAD

Posición en manzana: Esquina Medio Aislado

Irregularidad en planta

- Asimétrico (efectos de torsión)
 Aberturas en planta > 20 % (área o longitud)
 Longitud entrantes/salientes > 20 %
 En "L" u otra geometría irregular

Irregularidad en elevación

- Planta baja flexible
 Marcos o muros no llegan a la cimentación
 Columnas cortas
 Reducción de la planta en pisos superiores
 Apoyos a diferente nivel (laderas)
 Sistemas de entrepiso inclinados
 Grandes masas en pisos superiores
 Arreglo irregular de ventanas en fachada

Otras fuentes de vulnerabilidad

- Conexión excéntrica trabe-columna
 Péndulo invertido/una sola hilera de columnas
 Un elemento resiste más del 35% del sismo
 Columna débil-viga fuerte

Edificio vecino crítico

- No. de pisos: _____
 Separación: _____ cm
 Uso: _____
 Marcos Sin daño
 Muros Daño medio
 Otro Daño severo
 Pisos a diferente altura

SISTEMA ESTRUCTURAL

Material en muros

- Concreto reforzado
 Concreto prefabricado
 Tabicón de concreto (macizo)
 Bloque de concreto (20x40 cm)
 Ladrillo de barro macizo
 Tabique de arcilla hueco
 Paneles con capa de mortero
 Madera
 Piedra
 Adobe
 Bahareque (ramas/fodo)
 Material precario (débil: lámina/cartón/desecho)
 Otro: _____

Refuerzo en la mampostería

- Sin refuerzo
 Mampostería confinada
 Mampostería mal confinada
 (sin refuerzo en puertas/ventanas)
 Con refuerzo interior
 Otro: _____

Sección de elementos predominantes

Forma	Rectangular	Circular	Tubo circular	Secc. H / I	Cañón	Secc. L	Armadura	Material	Concreto	Aceero	Prefabricado	Madera	Sección
Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Trabes Principales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Trabes Secundarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Diagonales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ejemplo: $b \times h$ $\text{Ø} = D$ d h b b t $2L \ bxt$

ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL

	Material	Planta		Niveles		Sótano	Apéndice	Cubos
		Baja	Tipo	X	Y			
Marcos	Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Concreto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Conc. prefabricado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cols. y losa plana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contrav.	Madera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Concreto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cubre varios pisos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muros	Cables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	De carga mampostería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Diagrama mampost.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	De concreto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

con vigas de acoplamiento:

Marcos en el entrepiso representativo

Número de marcos paralelos: a X: _____ a Y: _____
 Claro promedio: X = _____ m Y = _____ m
 Número total de columnas: _____ (en todo el entrepiso)
 No. crujeas con contraviento: en X: _____ en Y: _____
 No. crujeas con muro diafragma: en X: _____ en Y: _____

Muros en el entrepiso representativo

Suma de longitudes de muros y espesor (t):
 De concreto: $\sum Lx =$ _____ m, $\sum Ly =$ _____ m, $t =$ _____ cm
 De mampostería: $\sum Lx =$ _____ m, $\sum Ly =$ _____ m, $t =$ _____ cm

Planos: Arquitectónico Estructural Memoria de cálculo Autoconstrucción (sin cálculo) Especificar: _____

SISTEMA DE PISO / TECHO

Sistema de piso

- Losa apoyada en trabes
 Losa plana (sin trabes)
 Vigas y piso de madera
 Vigas y enladrillado (bóveda catalana)
 Vigas, largueros y cubierta
 Armaduras y cubierta
 Armaduras 3D
 Arcos de mampostería

Distancia a ejes de:
 Trabes secundarias: _____ cm
 Vigas, viguetas o nervaduras: _____ cm
 Largueros: _____ cm

Cubierta de techo

- Igual a sistema de piso
 Lámina metálica
 Lámina de asbesto/plástico
 Cartón o desecho
 Paneles
 Madera
 Paja
 Teja

Tipo de anclaje y separación: _____

Losa de concreto

- Maciza
 Aligerada (reticular)
 Prefabricada de concreto
 Viguetas y bovedilla
 Lámina acanalada con capa de concreto (Losa-acero)
 Espesor total: _____ cm
 Capa compresión: _____ cm

Armaduras

- De acero De madera
 Peralite variable
 Claro: _____ m, Peralite: _____ m
 Separación armaduras: _____ m
 Sección cuerdas: _____
 Secc. diagonales: _____

Forma de la cubierta

- Techo plano horizontal
 Inclinado pendiente: %
 Bóveda cilíndrica $\text{Ø} =$ _____ m
 Cúpula $\text{Ø} =$ _____ m

REHABILITACIÓN

- | Tipo | Técnicas empleadas |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Arquitectónicas | <input type="checkbox"/> Recimentación |
| <input type="checkbox"/> Reparación estruct. | <input type="checkbox"/> Encamisado concreto |
| <input type="checkbox"/> Refuerzo | <input type="checkbox"/> Encamisado acero |
| <input type="checkbox"/> Reestructuración | <input type="checkbox"/> Muros: malla y mortero |
| | <input type="checkbox"/> Contraventeo |
| | <input type="checkbox"/> Adición de muros concreto |
| | <input type="checkbox"/> Adición muros mampostería |
| | <input type="checkbox"/> Contrafuertes externos |
| | <input type="checkbox"/> Fibra carbono / sintéticos |
| | <input type="checkbox"/> Otro |

Descripción breve:

EVALUACIÓN DE DAÑOS																												
Problemas geotécnicos <input type="checkbox"/> Grietas en el terreno circundante <input type="checkbox"/> Hundimientos diferenciales <input type="checkbox"/> Deslizamiento de ladera <input type="checkbox"/> Socavación o Erosión		<input type="checkbox"/> Licuación de arenas <input type="checkbox"/> Hundimiento (-) o emersión (+) general = _____ cm <input type="checkbox"/> Inclínación del edificio: _____ %		Estructura <input type="checkbox"/> Colapso total																								
				Colapso parcial <input type="checkbox"/> Techo <input type="checkbox"/> Planta baja <input type="checkbox"/> Piso intermedio <input type="checkbox"/> Sección del edificio _____ % <input type="checkbox"/> Choque con edificio vecino																								
Daños máximos observables Anotar la clave de entrepiso (N1, N2, ..., S1...)																												
Tipo de daño y características 1- Colapso / daño generalizado 2- Grietas inclinadas (por cortante) 3- Grietas normales al eje (por flexión) 4- Aplastamiento concr. y barras expuestas 5- Fractura refuerzo longitudinal 6- Fractura refuerzo transversal o estribos 7- Pandeo de barras a compresión 8- Pandeo de placas 9- Pandeo global o inestabilidad 10- Falla de soldadura 11- Falla de conectores (tornillos/hemaches) 12- Corrosión del acero Armado del elemento (de concreto) Distancia entre estribos / aliesadores _____ cm Sección del elemento Ejemplos de datos que se pueden recabar:	Columnas 	Trabes 	Muros mampostería 	de concreto 	Contraviento 	Conexiones 																						
	Ejemplos de datos que se pueden recabar: $b \times h / \emptyset$ $b \times h / d \times b_r, t_r$ $t, h \times b_c$ t $b \times h / d \times b_r, t_r$ $b \times h$																											
Sistema de piso / techo <input type="checkbox"/> Colapso <input type="checkbox"/> Grietas: alrededor de columnas al centro del claro sobre las trabes en las esquinas del tablero anchura máxima: _____ mm		Porcentaje de elementos dañados en el entrepiso crítico Grave Medio Clave de entrepiso Columnas Trabes Muros concreto X Muros concreto Y Muros mampostería X Muros mampostería Y Contravientos Conexiones			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Daño grave</th> <th>Medio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Columnas, trabes, muros de concreto</td> <td>Colapso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante ≥ 2 mm</td> <td>≥ 1 mm</td> </tr> <tr> <td>Grietas por flexión ≥ 5 mm</td> <td>≥ 2 mm</td> </tr> <tr> <td>Pandeo general</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Muros - mampostería</td> <td>Pandeo de placas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pandeo o fractura del refuerzo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante ≥ 5 mm</td> <td>≥ 2 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>G. inclinada en castillo ≥ 1 mm</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>			Daño grave	Medio	Columnas, trabes, muros de concreto	Colapso		Grietas por cortante ≥ 2 mm	≥ 1 mm	Grietas por flexión ≥ 5 mm	≥ 2 mm	Pandeo general		Muros - mampostería	Pandeo de placas		Pandeo o fractura del refuerzo		Grietas por cortante ≥ 5 mm	≥ 2 mm		G. inclinada en castillo ≥ 1 mm	---
	Daño grave	Medio																										
Columnas, trabes, muros de concreto	Colapso																											
	Grietas por cortante ≥ 2 mm	≥ 1 mm																										
	Grietas por flexión ≥ 5 mm	≥ 2 mm																										
	Pandeo general																											
Muros - mampostería	Pandeo de placas																											
	Pandeo o fractura del refuerzo																											
	Grietas por cortante ≥ 5 mm	≥ 2 mm																										
	G. inclinada en castillo ≥ 1 mm	---																										
DAÑOS EN OTROS ELEMENTOS																												
Exteriores <input type="checkbox"/> Vidrios <input type="checkbox"/> Torres de anuncios <input type="checkbox"/> Acabados <input type="checkbox"/> Fachadas <input type="checkbox"/> Balcones		Interiores <input type="checkbox"/> Pretios <input type="checkbox"/> Tanques elevados <input type="checkbox"/> Bardas <input type="checkbox"/> Otros: _____		<input type="checkbox"/> Muros divisorios o particiones <input type="checkbox"/> Cielos rasos/plafones <input type="checkbox"/> Lámparas <input type="checkbox"/> Escaleras <input type="checkbox"/> Elevadores <input type="checkbox"/> Instalaciones (Gas, Eléctrica, etc.) <input type="checkbox"/> Derrames tóxicos																								
CROQUIS DEL INMUEBLE																												

Figura 3: Ejemplo Ficha de Caracterización
 Fuente: Autores

7.1.3 Resultados Ficha de Caracterización

En la tabla 5 se muestran los resultados más relevantes de las 6 fichas de caracterización de las edificaciones indispensables de Mistrató.

Tabla 5: Resultados más Relevantes Fichas

Institución Educativa	Año de Construcción	Sistema Estructural	Año Remodelación	Posee Columnas	Posee Vigas	Posee Irregularidad	Posee Planos	# de Pisos
Escuela Instituto Mistrató	1963	Pórticos	N/A	Si	Si	No	No	1
Instituto Mistrató (Colegio)	1963	Muros Estructurales	2016	Si	Si	No	Si	2
Hospital San Vicente de Paul	1950	Pórticos	2011	Si	Si	No	Si	1
Estación de Bomberos Mistrató	1980	Pórticos	2016	Si	Si	No	Si	2
Casa de la Cultura	1997	Mampostería Confinada	N/A	Si	Si	Si	Si	2
Alcaldía	1977	Pórticos	2014	Si	Si	No	Si	3

A continuación se analizaran los resultados observados en la tabla 4.

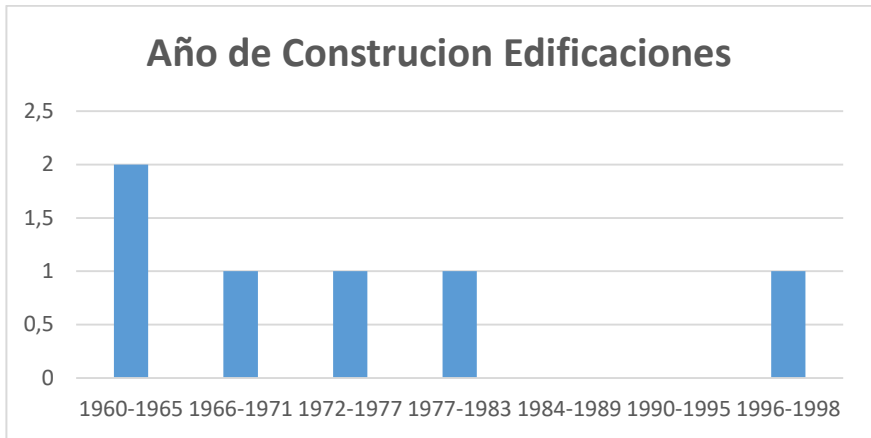


Gráfico 1: Año de Construcción Edificaciones.
Fuente: Autores.

En el gráfico 1 se observa que las edificaciones en un 100% están construidas antes de la norma de sismo resistencia NSR – 10 y que solo una con un porcentaje equivalente al 16.66% fue construido posteriormente a 1995. Esto es muy relevante ya que indica el estado de arte en que se encuentran las edificaciones.

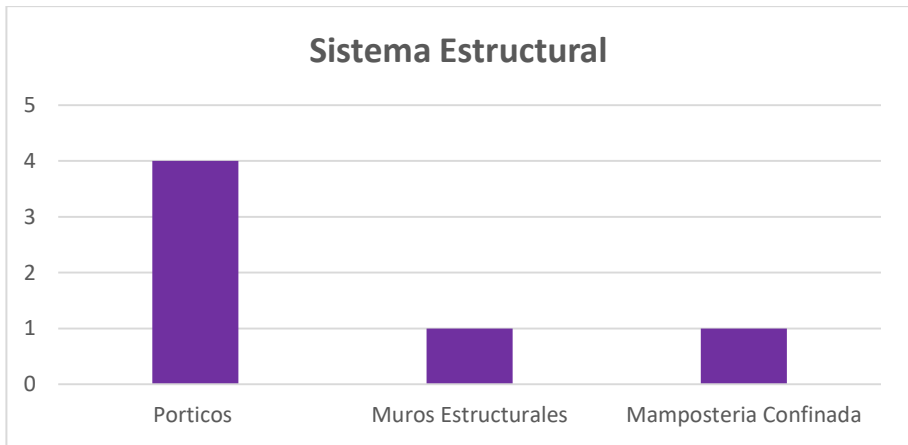


Gráfico 2: Sistema Estructural.
Fuente: Autores.

En el gráfico 2 se observa el sistema estructural en que están construidas las edificaciones indispensables, un 66.67% pertenece al sistema estructural pórticos, un 16.66% equivale a muros estructurales y el 16.66% restante equivale a mampostería confinada. El sistema estructural es importante ya que dependiendo de qué tipo sea se analizan diferentes condiciones, lo cual es relevante para las fases siguientes del proyecto.

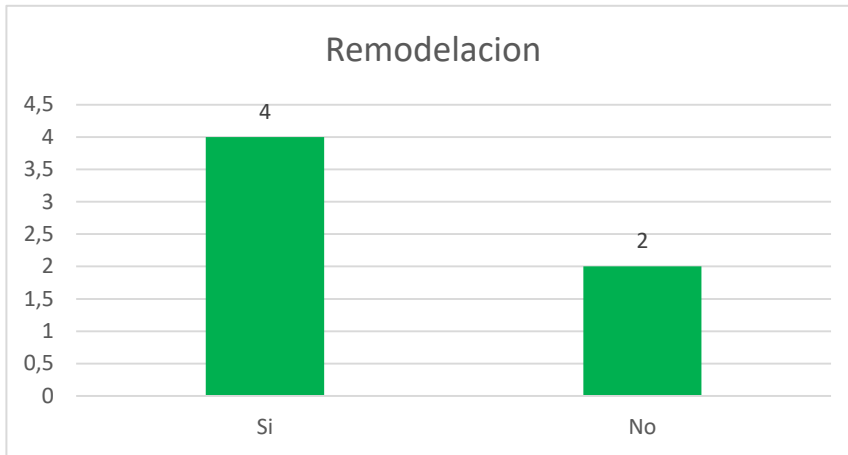


Gráfico 3: Remodelación.
Fuente: Autores.

En el grafico 3 se observa las edificaciones que han sido remodeladas y se obtiene que un 66.67% de las edificaciones han sido remodeladas y un 33.33% de las edificaciones no han sido remodeladas. Lo cual indica el estado de arte de las edificaciones del municipio de Mistrató.

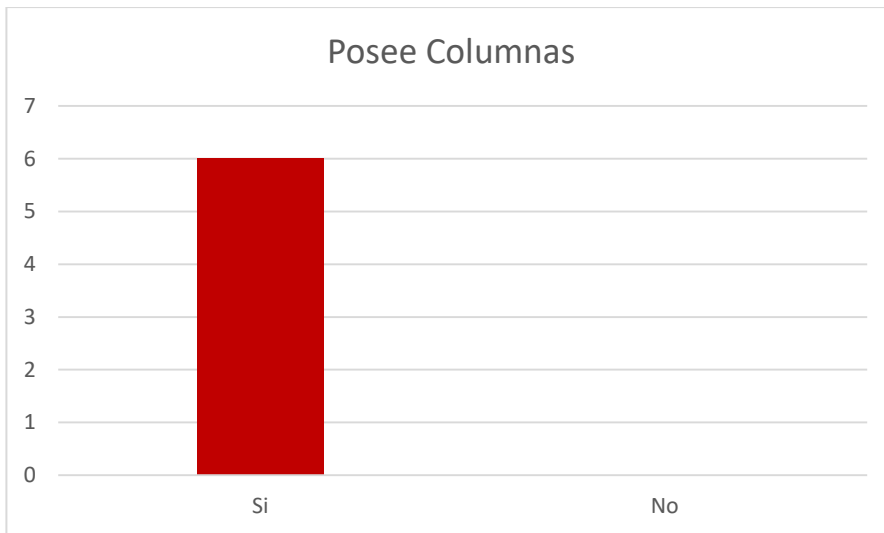


Gráfico 4: Posee Columnas.
Fuente: Autores.

En el grafico 4 se observa que el 100% de las edificaciones posee columnas lo cual da un indicador del estado de las edificaciones. Ya que es un elemento de rigidez de la estructura.

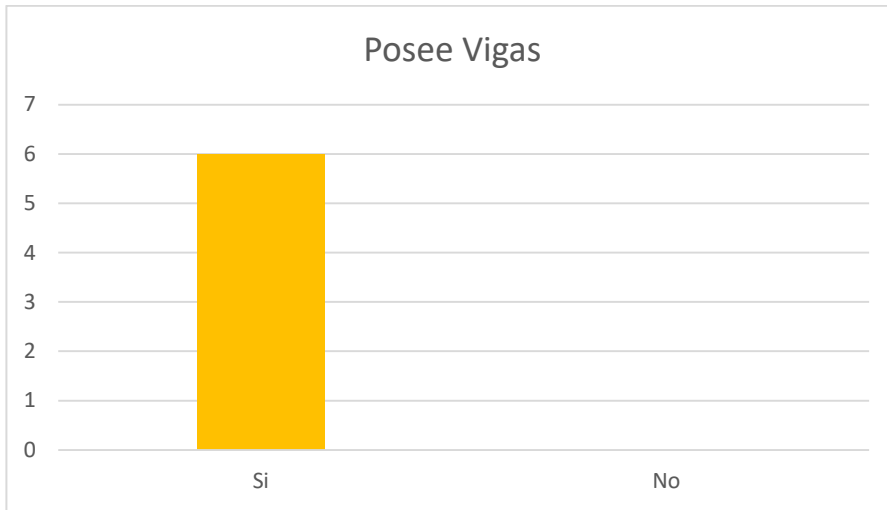


Gráfico 5: Posee Vigas.
Fuente: Autores.

En el grafico 5 se observa que el 100% de las edificaciones posee vigas lo cual da un indicador del estado de las edificaciones. Ya que es un elemento de rigidez de la estructura.

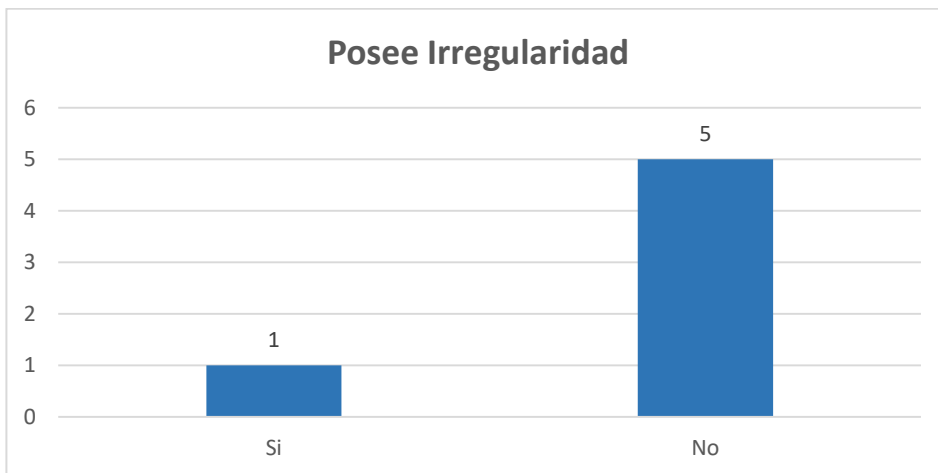


Gráfico 6: Posee Irregularidad.
Fuente: Autores.

En el grafico 6 se observa que el 83.34% de las edificaciones son regulares lo cual equivale a 5 edificaciones y 1 edificación equivalente al 16.66% es irregular lo cual es un indicador del comportamiento frente a un sismo.

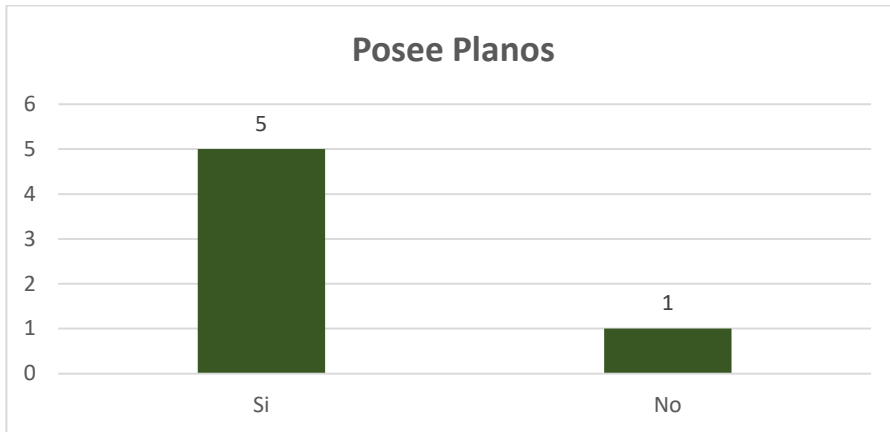


Gráfico 7: Posee Planos.
Fuente: Autores.

En el grafico 7 se observa que el 83.34% de las edificaciones posee planos y un 16.66% lo cual equivale a un estructura no posee planos esto es relevante ya que indica cómo se debe tratar la siguiente fase.

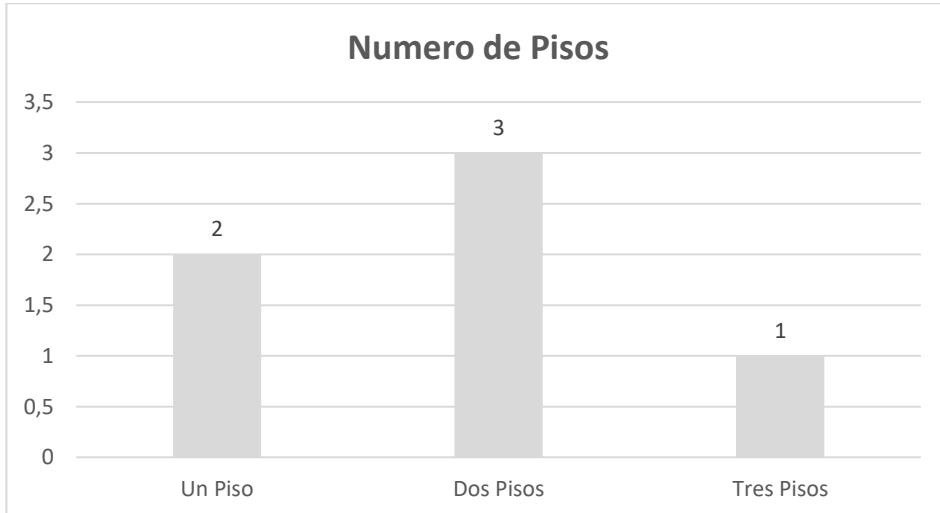


Gráfico 8: Numero Pisos.
Fuente: Autores.

En el grafico 8 se observa que el 33.33% de las edificaciones equivalente a 2 edificaciones posee altura de un piso, el 66.67% son superiores a dos pisos por lo cual se deben analizar por modelación estructural en el software Etabs lo cual es fundamental para la fase 3 de esta investigación.

7.2 INFORMACIÓN ESTRUCTURAL Y ARQUITECTÓNICA

De la sección 7.1 y del gráfico 7 se pudo analizar que una de las edificaciones no cuenta con planos por los cuales se realiza el levantamiento de esta; de las demás edificaciones se realiza el acondicionamiento de los planos a las condiciones actuales ya que han sufrido modificaciones a través de los años.

7.2.1 Importancia de los Planos en la Modelación Estructural

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 o bloque, los diferentes programas de modelación estructural trabajan con los detalles en planta de una edificación, muestran las diferentes dimensiones de la estructura en perfil y la base de la modelación estructural es el diseño arquitectónico o estructural de una edificación.

7.2.2 Descripción de la Actividad Realizada

En base al no poseer planos de una estructura y tener que acondicionar los existentes se procede a trabajar de la siguiente manera:

- Se realizan las mediciones de cada uno de las diferentes estructuras de las edificaciones indispensables y estos datos se delimitan en papel.
- Se procede a llevar estos datos al programa AutoCAD.
- Se organizan los detalles finales tratando de que los datos insertados al programa sean lo más cercanos posible a los datos tomados en campo.
- Se crea una mancha para los diferentes planos.

7.2.3 Ejemplos Planos

A continuación se muestran los planos de la alcaldía e Instituto Mistrató, en las demás edificaciones se realizan los planos y se entregan como Anexo.

7.3. MODELACIÓN ESTRUCTURAL.

La modelación estructural se dividirá en dos partes la primera de las edificaciones de un piso y la segunda las edificaciones de dos pisos y a su vez estas dos categorías se sub dividirán por el sistema estructural al que pertenecen.

En el caso de las estructuras de un piso se hará un chequeo por tabla comparando las condiciones de las estructuras con los requisitos mínimos de la NSR – 10 para edificaciones indispensables.

Las Estructuras de 2 pisos se realizara la modelación en el programa Etabs comparando los índices de sobre esfuerzo y la deriva con lo indicado en la NSR-10 para estas.

7.3.1 Estructuras de 1 Piso

Como se observa en el grafico 8 el 33.33% (2) de los edificaciones son estructuras de un piso y se dividen en muros estructurales y mampostería confinada.

Las 2 edificaciones que tiene un piso son el hospital san Vicente de Paul y la escuela instituto Mistrató.

En la tabla 6 se muestran los resultados del chequeo por tabla para edificaciones que funcionan bajo el sistema de muros.

Tabla 6: Chequeo por tabla edificaciones de un Piso

CHEQUEO NORMA					
Edificación	Lmin muros		Área Columnas (200 cm ²)	Área Vigas (200 cm ²)	Irregularidad
	X	Y			
Hospital San Vicente de Paul	215.8 > 164.99 [OK]	175.2 > 164.99 [OK]	35cm*35cm= 900 cm ² [OK]	35cm*25cm= 875 cm ² [Ok]	Forma regular en planta y en altura
Instituto Mistrató	352 > 143.1 [OK]	55 < 143.1 [NO]	15cm*10cm= 150 cm ² [NO]	15cm*10cm= 150 cm ² [NO]	Forma regular en planta y en altura

En la tabla se muestran los resultados del chequeo por tabla.

Tabla 7: Resumen Resultados Chequeo por Tabla

Nombre Edificación	Sistema Estructural	Elementos Evaluados				Cumplimiento de Norma
		Columnas	Vigas	Irregularidad	Muros	
Hospital San Vicente de Paul	Mampostería Confinada	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	VERDE
Instituto Mistrató	Muros Estructurales	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	AZUL

VERDE: Cumple con todos los requisitos , **AZUL:** Hay que reforzar algunos elementos (Falta Leve)

AMARILLO: No existe algún elemento (Falta Grave) , **ROJO:** No cumple con ninguno de los requisitos.

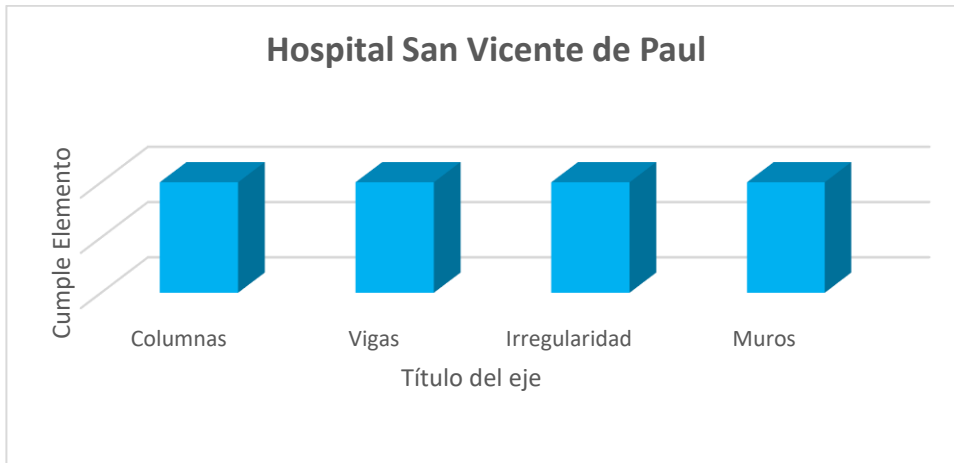


Gráfico 9: Hospital San Vicente de Paul.
Fuente: Autores.

En el gráfico 9 se puede apreciar que la edificación Hospital San Vicente de Paul cumple con todos los elementos a los cuales se les realiza el chequeo por tabla. Por lo anterior esta edificación no tiene que ser intervenida ya que cumple con los parámetros que indica la NSR-10.

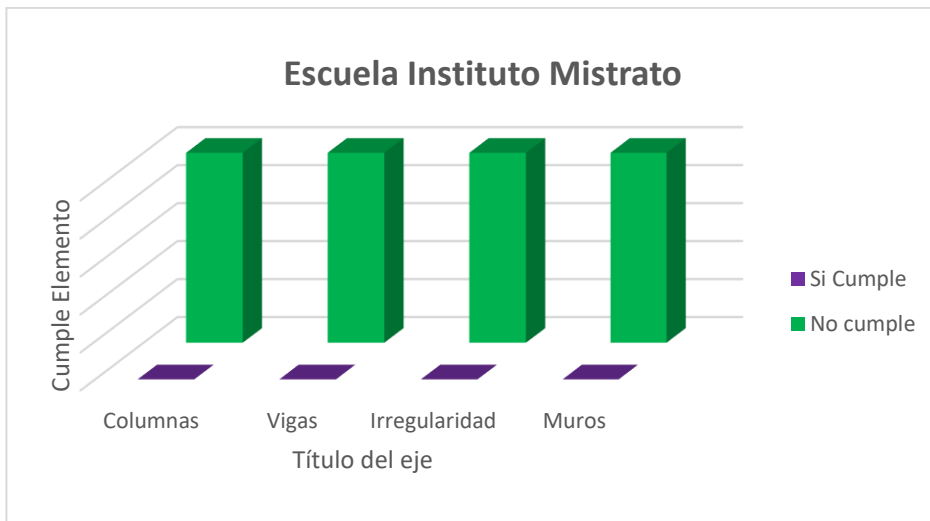


Gráfico 10: Escuela Instituto Mistrató.
Fuente: Autores.

En el gráfico 10 se puede apreciar que la edificación Escuela Instituto Mistrató solo cumple con la regularidad en planta y en altura, lo cual indica que dicha edificación tiene que ser reforzada estructuralmente para dar cumplimiento a la norma lo cual dicha medida se mostrara en el capítulo siguiente.

7.3.2 Estructuras superiores a 1 Piso.

Como se observa en el grafico 8 el 66.67% (4) de las edificaciones presenta más de un piso por lo cual se realizara modelación estructural en el programa Etabs.

Las estructuras que tiene más de 1 piso son las siguientes: Alcaldía municipal, Instituto Mistrató, Casa de la cultura y estación de Bomberos Mistrató.

7.3.2.1 Procedimientos Modelación Estructural.

A continuación se muestra el procedimiento realizado en la modelación estructural que es el mismo para todas las estructuras.

Como se ha dicho anteriormente en el capítulo 7.2 es necesario tener el plano arquitectónico o estructural para realizar la modelación ya con este elemento se procede de la siguiente manera:

- a. Se crea un nuevo modelo y se introducen las dimensiones y características de la estructura.

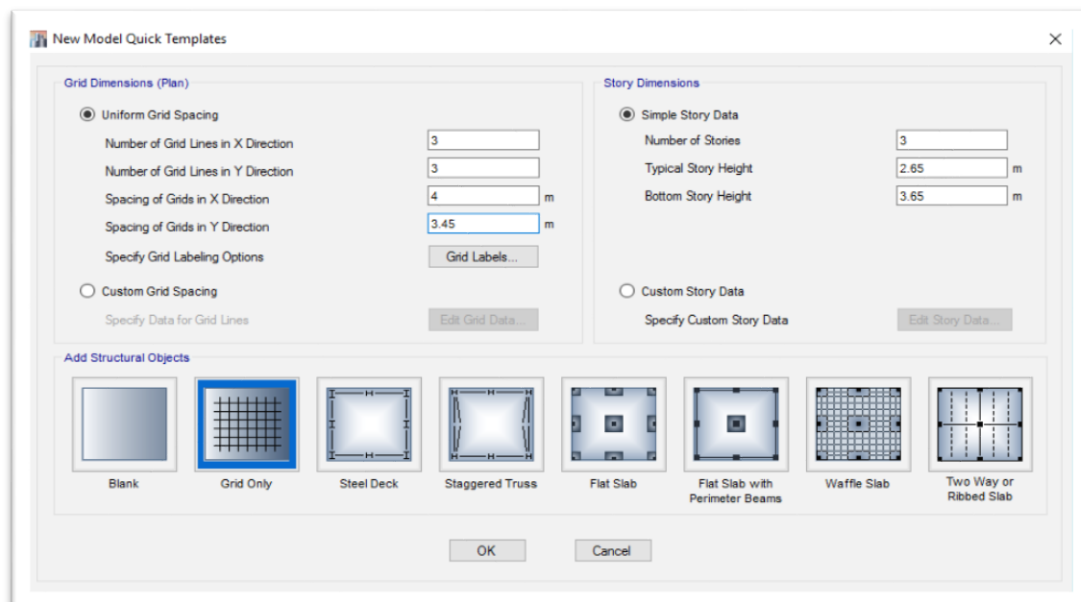


Figura 6: Datos Estructura
Fuente: Autores

b. Se define el material con que se va a trabajar, en este caso ya que no se pudo realizar ensayos de estación de núcleo, ni ferro escáner; se asume que el concreto que se utilizara será de 21 MPa.

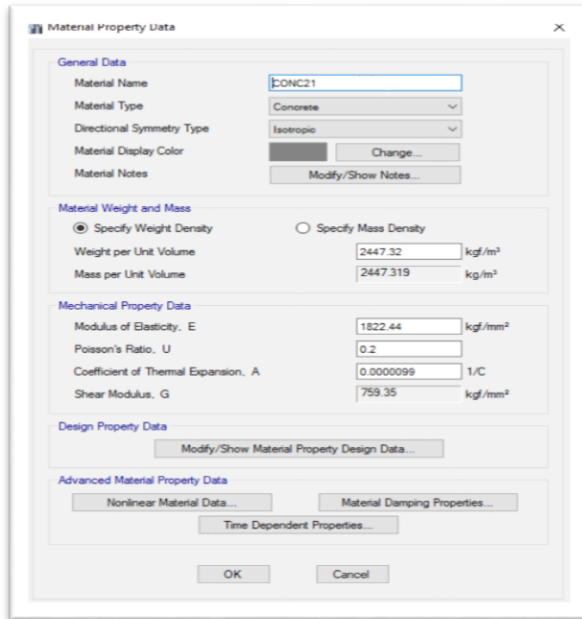


Figura 7: Concreto 21 MPa

Fuente: Autores

c. Se definen las columnas que lleva la estructura.

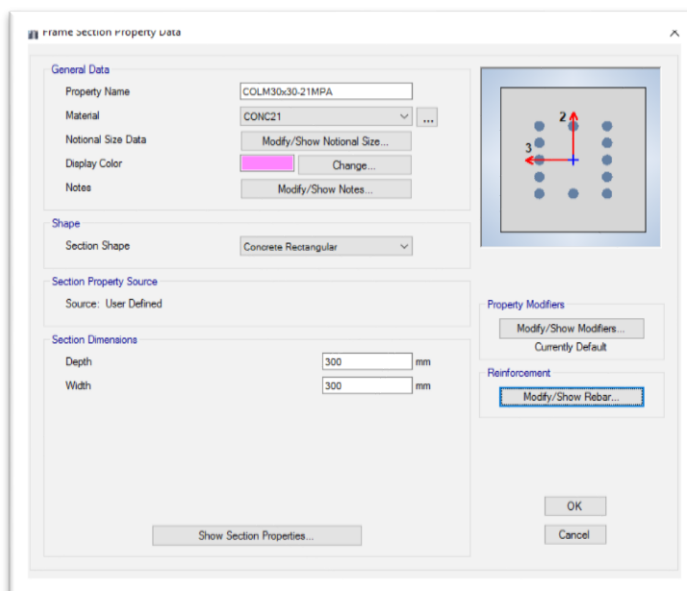


Figura 8: Columnas Estructura

Fuente: Autores

d. Se definen las vigas que lleva la estructura

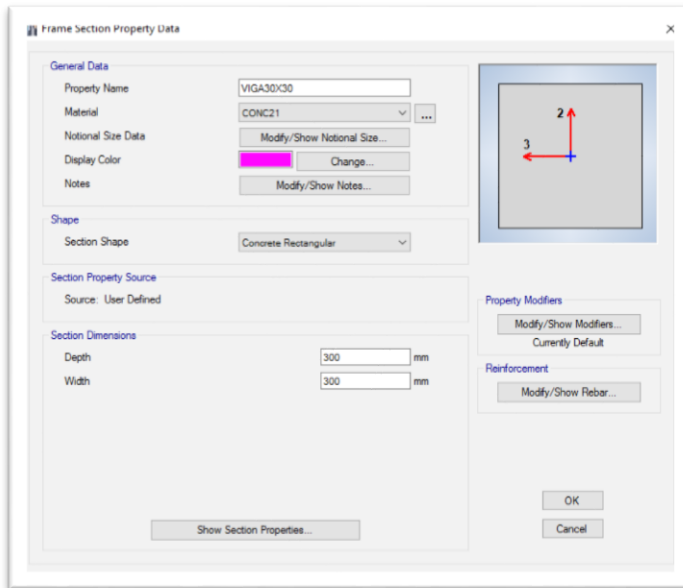


Figura 9: Vigas estructura
Fuente: Autores

e. Se define el entrepiso.

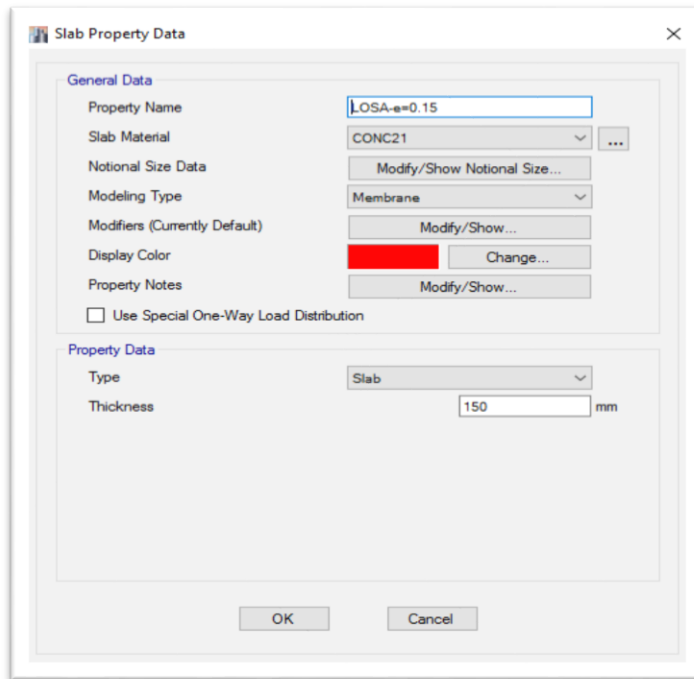


Figura 10: Entrepiso
Fuente: Autores

f. Se ingresan los elementos al modelo.

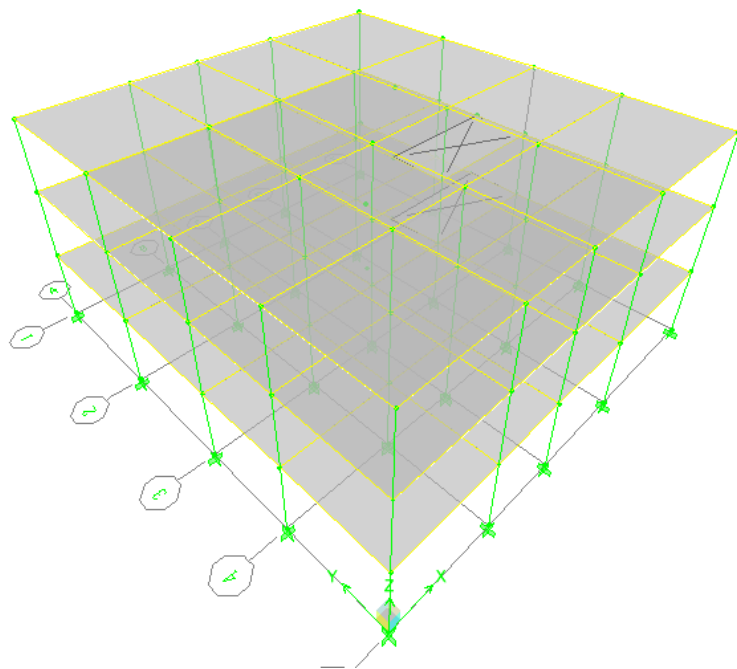


Figura 11: Modelo
Fuente: Autores

g. Se ingresa el entrepiso.

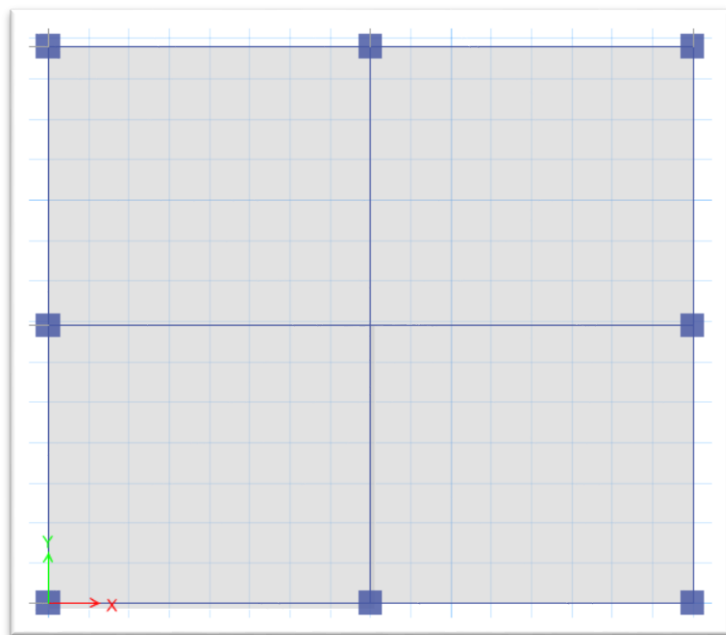


Figura 12: Entrepiso
Fuente: Autores

h. Se asignan los apoyos a la estructura.

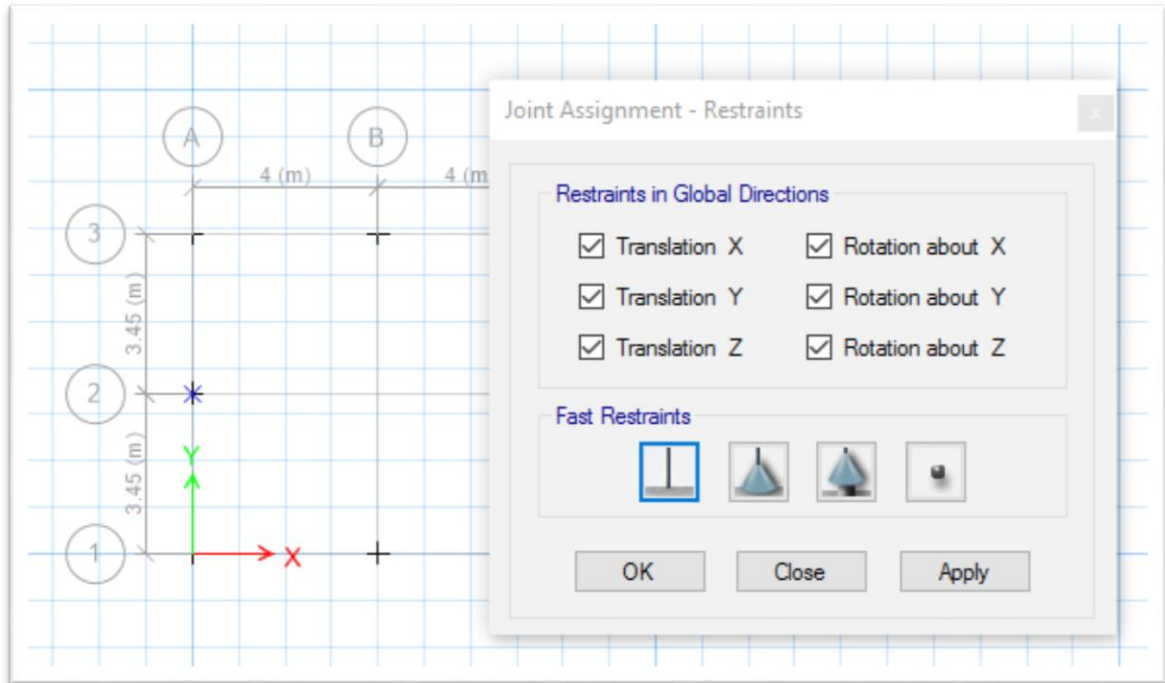


Figura 13: Apoyos Estructura
Fuente: Autores

i. Se asignan los diafragmas a cada piso.

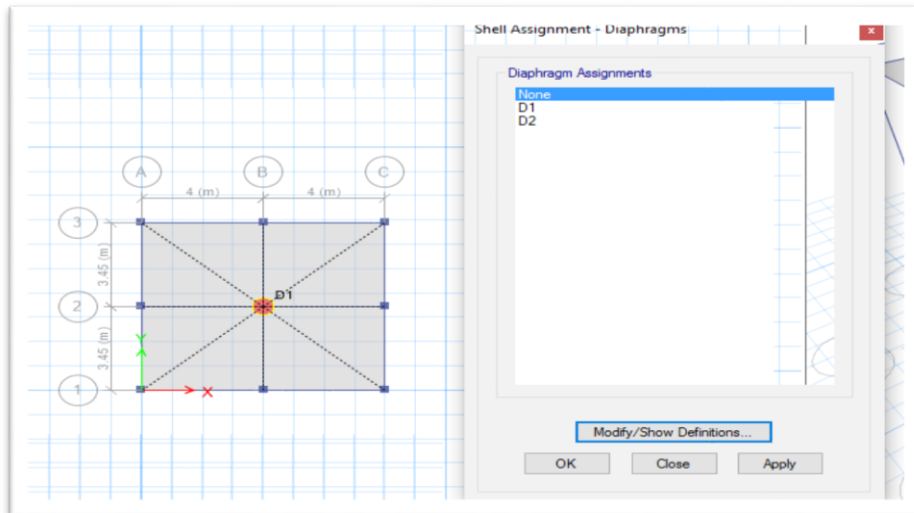


Figura 14: Diafragma
Fuente: Autores

j. Se ingresa el espectro de diseño.

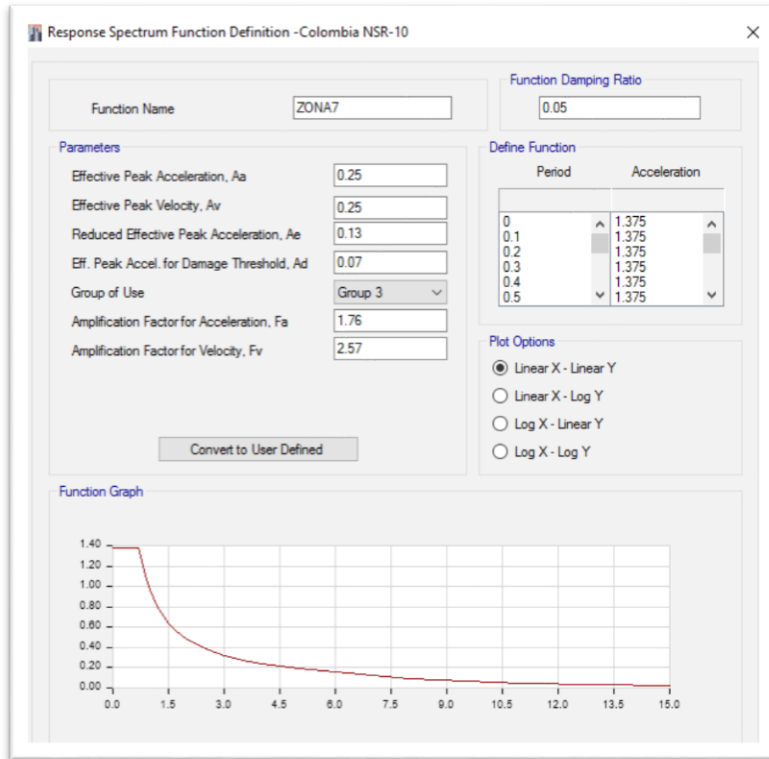


Figura 15: Espectro de Diseño
Fuente: Autores

k. Se asignan los diferentes casos de carga para el bloque.

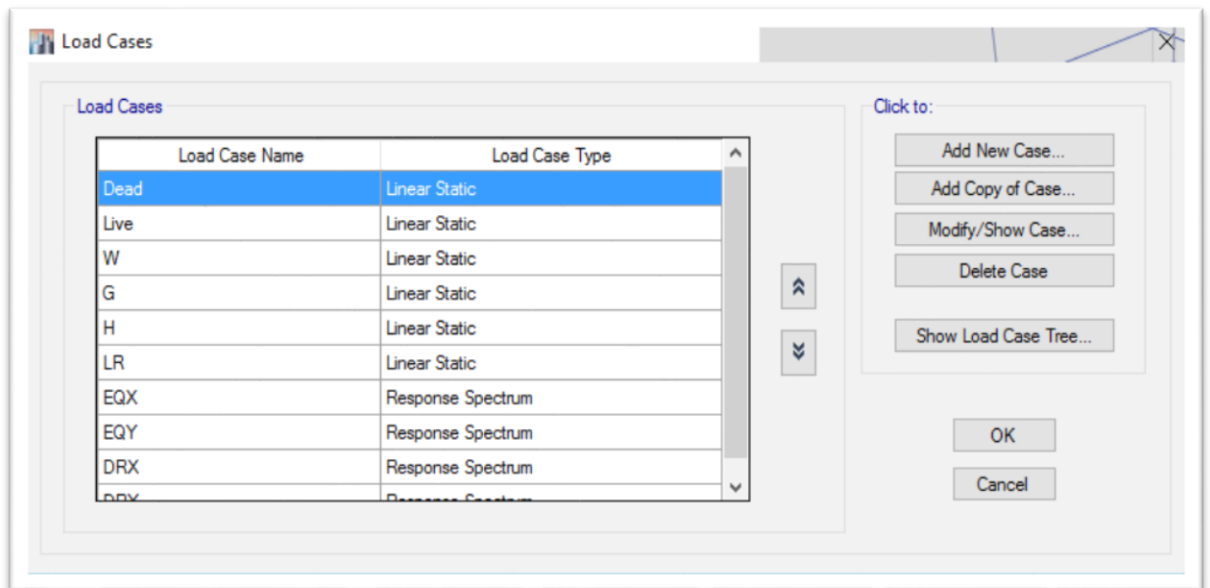


Figura 16: Casos de Carga
Fuente: Autores

I. Se definen las combinaciones de carga.

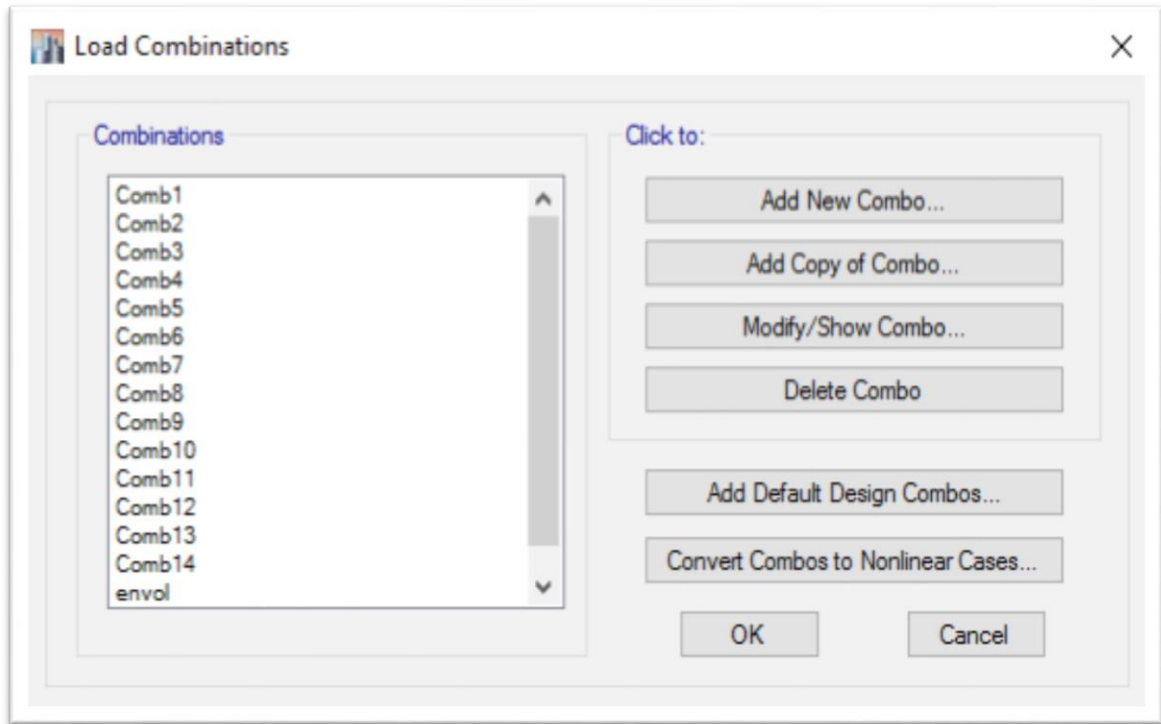


Figura 17: Combinaciones de Carga
Fuente: Autores

m. Se asignan las cargas al entrepiso.

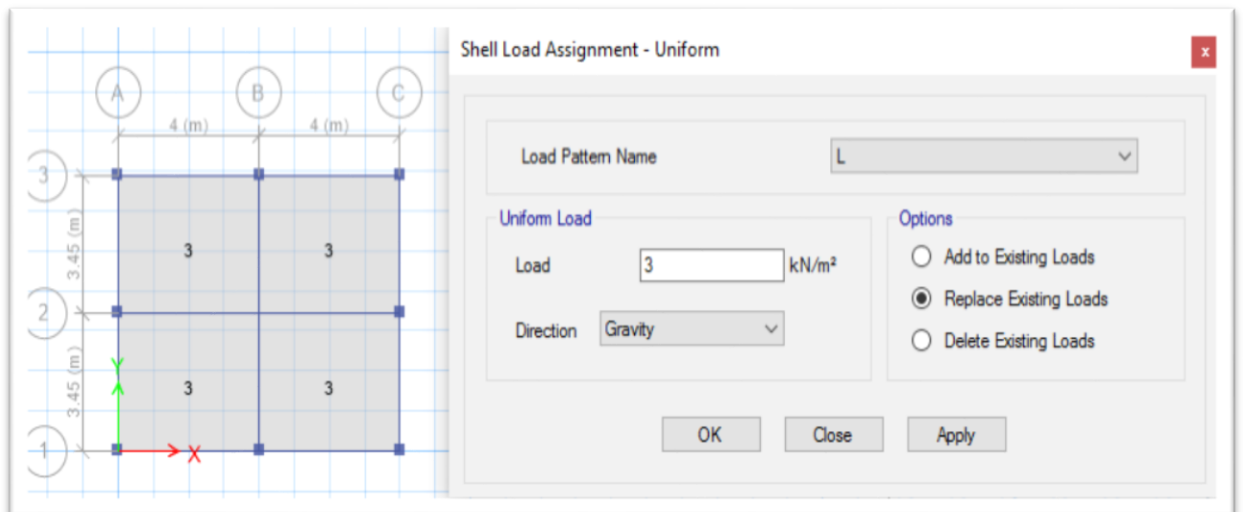


Figura 18: Cargas al Entrepiso
Fuente: Autores

n. Se procede a correr la estructura.

o. Se procede a revisar derivas e índice de sobre esfuerzo y en caso de no cumplir con estas características se procede a aumentar las secciones de los elementos.

7.3.2.2 Ejemplo Modelación Estructural.

A continuación se muestra el ejemplo de la modelación estructural de la Alcaldía de Mistrató, partiendo de la información de la estructura. El mismo procedimiento se realiza para las demás estructuras objeto de estudio.

ALCALDIA MISTRATO



Figura 19: Alcaldía Mistrató
Fuente: Autores

En la tabla 8 se muestran los datos iniciales que tiene la estructura y con la cual se realizara la modelación de esta.

Tabla 8: Datos Iniciales Estructura

Sistema Estructural utilizado	Pórticos resistente a momentos que deben tener capacidad especial de disipación de energía (DES)
Sistema de entrepiso:	Losa Aligerada en concreto e= 30 cm mínimo de 21 Mpa.
Área construida	872.39m ²
Ubicación	Mistrató, Risaralda
No. de pisos	3 pisos altura de 3m
Altura total del edificio	Cubierta: 6.00m
Método utilizado para el análisis	Análisis Dinámico Elástico Espectral y FHE

En las tabla 9 y 10 se muestran las cargas que se aplicaran a la estructura.

Tabla 9: Cargas Aplicadas a la estructura

Entrepiso	Carga Muerta (Ton/m ²)	0.455
	Carga Viva (Ton/m ²)	0.2
	Carga Ultima (Ton/m ²)	1.1
Cubierta	Carga Muerta (Ton/m ²)	0.050
	Carga Viva (Ton/m ²)	0.050
	Carga Ultima (Ton/m ²)	0.14
Uso de la Edificación	Indispensable Grupo IV	

Tabla 10: Cargas Mayoradas Aplicadas a la estructura

Entrepiso	Peso de la Losa	0.36 Ton/m ²	0.36 Ton/m ²
	Acabados Superiores	0.150 Ton/m ²	0.150 Ton/m ²
	Muros Divisorios	0.130 Ton/m ²	0.130 Ton/m ²
	Acabados Inferiores	0.015 Ton/m ²	0.015 Ton/m ²
	Total Carga Muerta		0.655 Ton/m ²
	Total Carga Viva		0.2 Ton/m ²
	Carga Ultima Mayorada	1.2(0.655)+1.6(0.2)	1.11 Ton/m ²
Cubierta	Carga Muerta (Ton/m ²)	0.050	0.05 Ton/m ²
	Carga Viva (Ton/m ²)	0.050	0.05 Ton/m ²
	Carga Ultima (Ton/m ²)	1.2(0.05)+1.6(0.05)	0.14

En la tabla 11 se muestran las condiciones y valores para calcular el espectro de diseño del suelo.

Tabla 11: Datos Espectro de Diseño

UBICACIÓN	Mistrató
TIPO DE SUELO	D
EDIFICIO	
GRUPO DE USO	III
Aa	0,3
Av	0,3
Fa	1,3
Fv	1,5
I	1,25
To	0,12
Tc	0,55
TL	3,6

El espectro de diseño para el tipo de suelo donde está ubicada la Alcaldía es el que se muestra en la figura 20.



Figura 20: Espectro de Diseño
Fuente: Autores

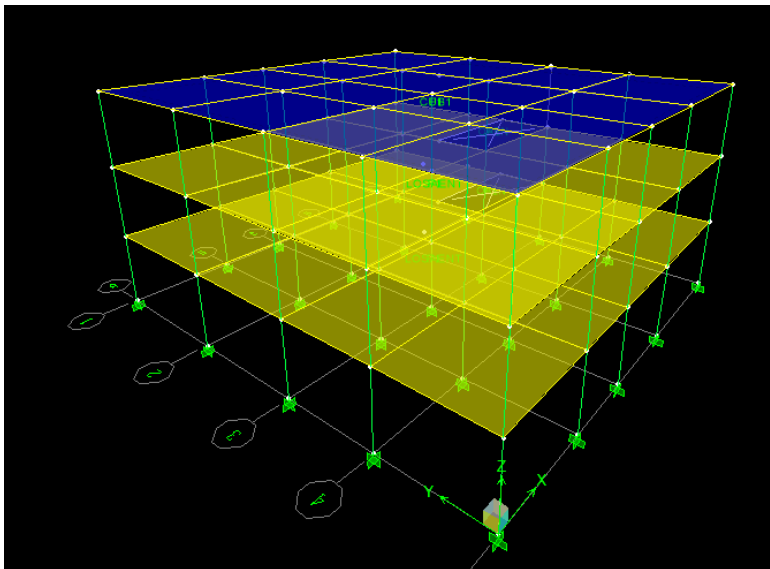


Figura 21: Estructura Modelada
Fuente: Autores

De acuerdo al procedimiento mencionado en la sección 7.3.2.1 se obtiene la estructura modelada como se aprecia en la figura 21.

En la figura 22 se muestra la vista en planta de la estructura.

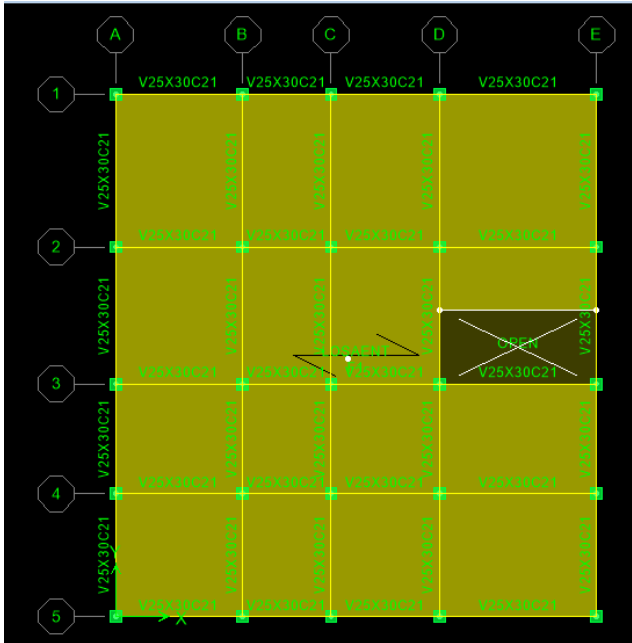


Figura 22: Vista en planta

Fuente: Autores

En la figura 23 se muestra las secciones y elevaciones de la estructura.

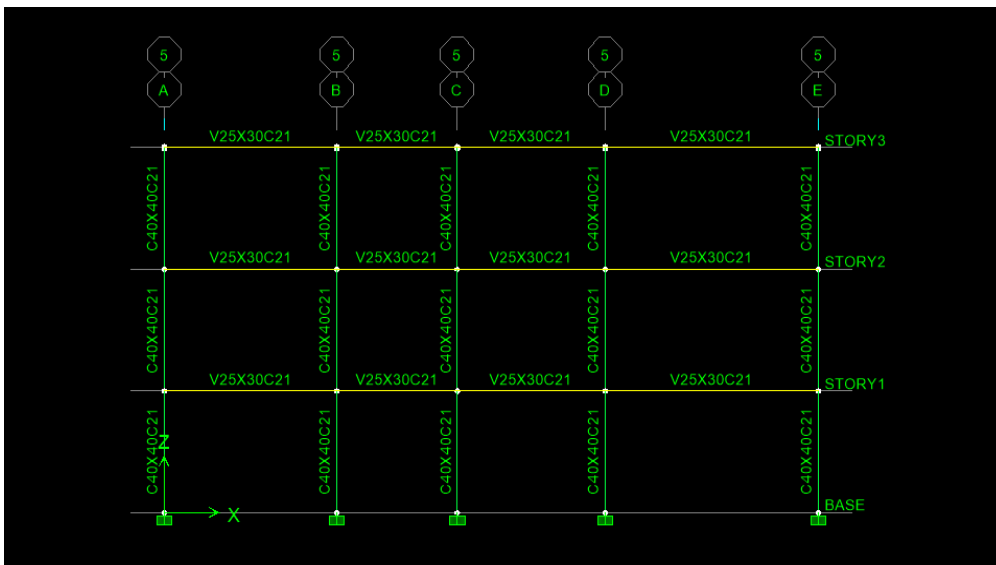


Figura 23: Vista Secciones y Elevaciones.

Fuente: Autores

7.3.2.3 Resultados Modelación Estructural.

Después de realizar la modelación estructural de cada edificación se muestran los resultados en la tabla 12.

Tabla 12: Resultados Modelación

Nombre Edificación	Cumple Deriva		Cumple Índice de Sobre Esfuerzo		Cumplimiento de Norma
	Si	No	Si	No	VERDE
Alcaldía Municipal	X		x		VERDE
Estación de Bomberos	X		x		VERDE
Instituto Mistrató	X		x		VERDE
Casa de la Cultura		x		x	AZUL

VERDE: Cumple con todos los requisitos , **AZUL:** Hay que reforzar algunos elementos (Falta Leve)

AMARILLO: No existe algún elemento (Falta Grave) , **ROJO:** No cumple con ninguno de los requisitos.

A continuación se analizan los resultados de la tabla 12.

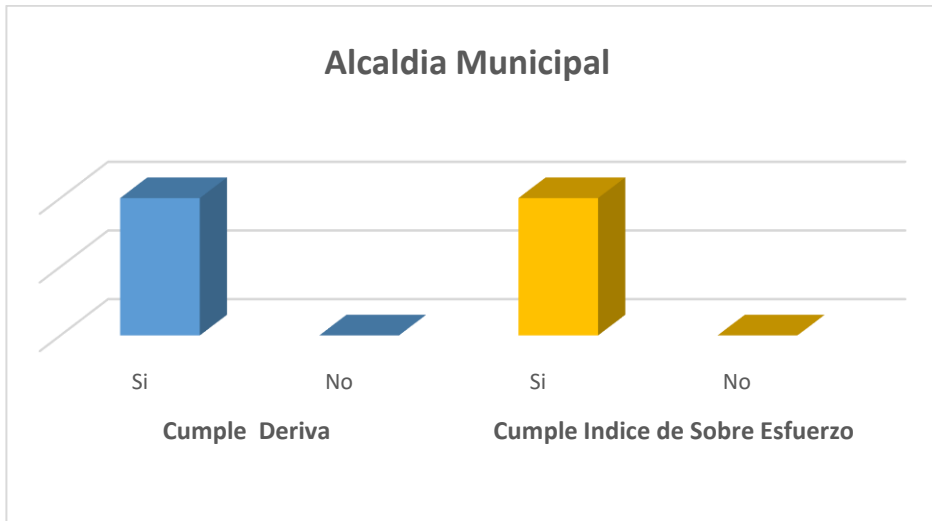


Gráfico 11: Resultados Alcaldía Municipal
Fuente: Autores.

En el gráfico 11 se puede analizar que la alcaldía cumple con las derivas y el índice de sobre esfuerzo como se estipula en la NSR-10.

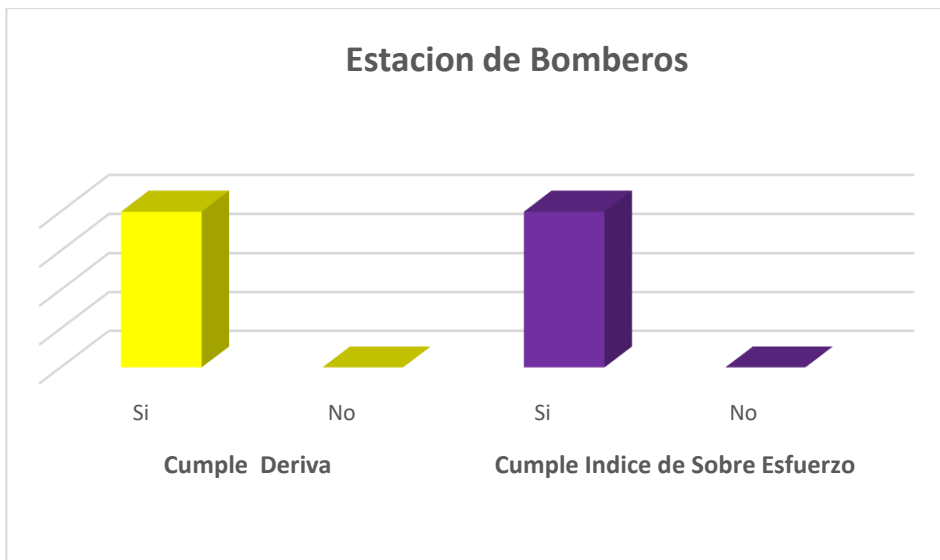


Gráfico 12: Resultados Estación de Bomberos
Fuente: Autores.

En el gráfico 12 se puede analizar que la estación de bomberos cumple con las derivas y el índice de sobre esfuerzo como lo estipula la NSR-10

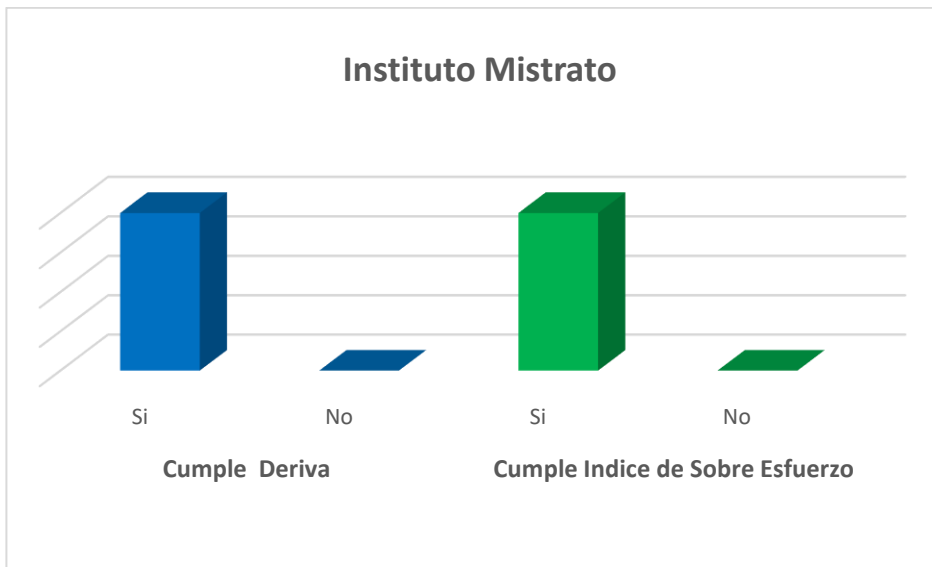


Gráfico 13: Resultados Instituto Mistrató
Fuente: Autores.

En el gráfico 13 se puede analizar que el instituto Mistrató cumple con las derivas y el índice de sobre esfuerzo como lo estipula la NSR-10

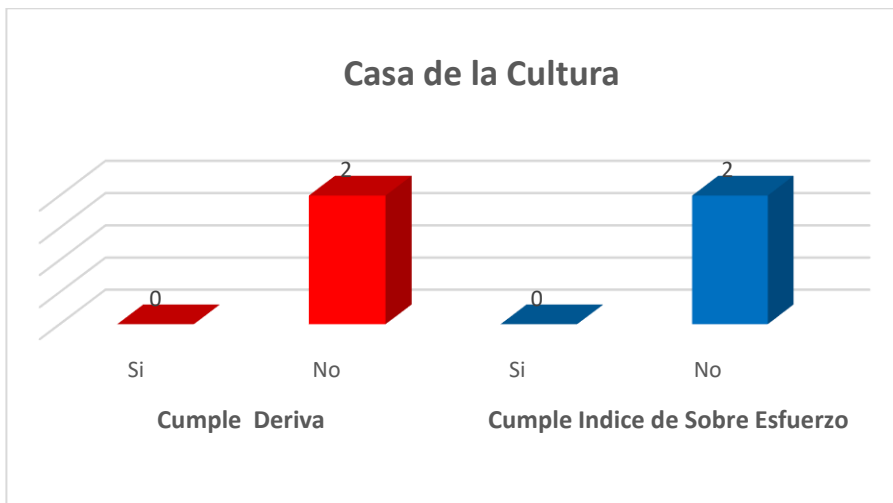


Gráfico 14: Resultados Casa de la Cultura
Fuente: Autores.

En el gráfico 14 se puede apreciar la casa de la cultura no cumple con los índices de sobre esfuerzos y con las derivas permisible, esto se puede dar por el año de construcción de dicha edificación. Por los resultados obtenidos esta edificación debe ser intervenida lo cual se mostrara en el capítulo siguiente.

7.4 MEDIDAS PROXIMALES

Las medidas proximales serán las recomendaciones realizadas a las estructuras que no cumplieron los requisitos mínimos de la NSR-10.

Se presenta de manera individual las alternativas para cumplir los requisitos y hacer seguras las edificaciones indispensables, con la intención de generar el cumplimiento de la NRS-10, haciendo claridad a que se requieren estudios invasivos para conocer la realidad del material estructural con el fin de definir un comportamiento más cercano a la realidad.

7.4.1 Escuela Instituto Mistrató

7.4.1.1 Medidas Proximales

Esta edificación no cuenta con columnas y vigas con dimensiones inferiores por debajo a lo permitido, ni longitud mínima de muros por lo cual se hace necesario generar ensanchamiento de los muros a 20 cm y crear elementos de confinamiento para la seguridad de la estructura con luces de 2.5 m y con unas dimensiones de 0.3 m x 0.3 m para columnas y de 0.3 m x 0.25 para vigas.

7.4.1.2 Presupuesto

En la tabla 13 se puede apreciar el presupuesto para la escuela instituto Mistrató

Tabla 13: Presupuesto Escuela Instituto Mistrató

ESCUELA INSTITUTO MISTRATÓ					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
MAT0432	Concreto 21 MPa	M3	\$323,500	30.519	\$9,872,897
MAT0238	Acero de Refuerzo ½"	KG	\$12,050	296.66	\$3,574,753
MO0006	Cuadrilla A (1 Of + 4 Ay)	Día	\$ 254,888	14	\$3,568,432
HE0002	Herramienta Menor	%	\$3,568,432	0.1	\$356,843
MO0078	Demolición Muro	M2	\$15,000	45	\$675,000
MO0132	Anclajes Muro	UND	\$2,000	580	\$1,160,000
Subtotal Parcial					\$19,207,925
A.I.U					\$2,881,189
Total					\$22,089,114

7.4.2 Casa de la Cultura.

7.4.2.1 Medidas Proximales

Esta edificación fue construida en el año de 1997 por lo cual no cumple con todos los parámetros de la norma; al realizar la modelación estructural se pudo comprobar que las secciones de las columnas y vigas no eran apropiadas para los índices de sobre esfuerzo y presentaba derivas fuera de los límites permitidos.

Para esta edificación se propone realizar un reforzamiento en las columnas llevándolas a una sección de 0.4 m x 0.4 m y las vigas a 0.25 m x 0.35 m. Al realizar los chequeos con el programa Etabs con estas dimensiones si se cumplieron los parámetros de derivas e índice de sobre esfuerzo.

7.4.2.2 Presupuesto

En la tabla 14 se puede apreciar el presupuesto para la casa de la cultura.

Tabla 14: Presupuesto Casa de la Cultura

CASA DE LA CULTURA					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
MAT0432	Concreto 21 MPa	M3	\$323,500	27.2	\$8,799,200
MAT0238	Acero de Refuerzo ½"	KG	\$12,050	100	\$1,205,000
MO0006	Cuadrilla A (1 Of + 4 Ay)	Día	\$ 254,888	9	\$2,293,992
HE0002	Herramienta Menor	%	\$2,293,992	0.1	\$229,399
MO0078	Demolición Muro	M2	\$15,000	20	\$300,000
MO0132	Anclajes Muro	UND	\$2,000	300	\$600,000
Subtotal Parcial					\$13,427,591
A.I.U					\$2,014,138
Total					\$15,441,729

8. CONCLUSIONES

De las edificaciones analizadas el 66.66% de estas fueron remodeladas en años recientes con fechas después del año 2010, por lo cual se puede inferir que fueron remodeladas bajo la luz de la NSR-10.

El 83.33% de las edificaciones estudiadas contaba con planos lo cual hizo más fácil el ejercicio investigativo sin embargo en algunas de ellas fue necesario actualizar los planos con la información existente en terreno ya que había cambiado por el paso de los años y las remodelaciones.

El 66.66% de las edificaciones cumplía con los parámetros evaluados a la luz de la NSR-10 esto debido a que estas estructuras fueron remodeladas recientemente estas edificaciones son: Alcaldía Municipal, Estación de Bomberos, Instituto Mistrató y el Hospital San Vicente de Paul.

La Alcaldía Municipal en un principio no fue pensada como una estructura sismo resistente debido a esto en el año 2014 se reconstruye dicha estructura para cumplir con los estándares normativos vigentes.

La estación de Bomberos fue construido en 1980 e inicialmente fue proyectada como una vivienda de dos pisos y con el pasar del tiempo y por las necesidades de la comunidad se fue adaptando como lo que es hoy en día la estación de bomberos del municipio. Por lo anterior en el año 2016 se realizó una intervención estructural en dicha edificación.

El instituto Mistrató fue construido en el año de 1963 donde la normativa existente no era tan rigurosa como hoy en día, adicionalmente las técnicas de construcción de dicha época no eran tan avanzadas y confiables como lo son actualmente, por lo anterior en el año 2016 se realizó un reforzamiento y acondicionamiento estructural de la edificación llevándola a los estándares sismo resistentes actuales.

El hospital san Vicente de Paul es una edificación construida en el año de 1950 y es la única entidad que presta el servicio de salud al municipio por lo cual fue remodelada y reacondiciona en el año 2011. Llevándola a cumplir con los estándares que indica la NSR-10

La casa de la cultura no cumple con los índices de sobre esfuerzos ni con las derivas máximas esto debido a que en la época que fue construida los estándares sismo resistentes no eran tan exigentes. Dicha edificación con el paso del tiempo no ha sufrido remodelaciones ni reacondicionamientos. Por lo tanto es una de las prioridades a tener en cuenta.

La escuela instituto Mistrató es la edificación mas critica ya que no cuenta con columnas ni vigas visibles, por lo cual es la que presenta un mayor grado de vulnerabilidad.

La falta de presupuesto para estudios patológicos impide reconocer el nivel de amenaza y la cuantificación de la población que se encuentra en riesgo.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a quien corresponda en el Municipio de Mistrató adelantar estudios de patología estructural para todo el municipio y generar una cobertura del 100% de cumplimiento de la NSR-10

- Se recomienda a la Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres y mantener e implementar un monitoreo a las edificaciones evaluadas y realizar control e implementar acciones sobre las estructuras vulnerables.

- Se recomienda a las autoridades competentes que mantengan y/o fortalezcan los repositorios de documentación de las edificaciones en información general y planos, también es recomendable que la información se concentre en un solo lugar para su fácil acceso.

- Ampliar los estudios de vulnerabilidad en el total de edificaciones indispensables

- Solicitar el cumplimiento estructural en conformidad con la norma NSR-10, de todas las edificaciones prestadoras de servicios a la comunidad por parte de particulares.

10. BIBLIOGRAFÍA

BARBA CASANOVAS Enric. La Estructura de los edificios. Madrid, España 2001. Editorial Club Universitario

BONETT DÍAZ, Ricardo. Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 17 de Octubre de 2003. Tesis Doctoral

BOZZO Luis, BARBAT Alex. Diseños Sismo Resistentes de Edificios Técnicas convencionales y Avanzadas. Barcelona, España diciembre 2015. Editorial reverté S.A

CARDONA Cristian Edwin, MEDINA LÓPEZ Giovanna, SERNA RESTREPO David Esteban. Evaluación de La Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones Indispensables del Sector Educación Del Grupo III en el Municipio de Dosquebradas, Risaralda. Pereira, Risaralda 2015. Universidad Libre Seccional Pereira. Tesis de Grado

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). El Terremoto de Enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. Ciudad de México: Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo, 1999. Documento Técnico

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA (C.A.R.D.E.R.). Base Ambiental Mistrató. Risaralda, Colombia: C.A.R.D.E.R, 2010

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA (C.A.R.D.E.R). Base Ambiental con Énfasis en Riesgos Municipio de Pereira. Colombia, Risaralda: C.A.R.D.ER, Diciembre 2013

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE Risaralda (C.A.R.D.E.R.). Diagnóstico de Riesgos Ambientales. Risaralda, Colombia: C.A.R.D.E.R, 2011

DÍAZ, Gloria. Diseño Estructural en Arquitectura, 1ª edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial Nobuko, 2005itorial Club Universitario

GARCÍA TAMAYO Daniel, JIMÉNEZ POSADA Alejandro, REINALES PEÑA Carlos Andrés. Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural Para el Sector Educativo en el Municipio de Dosquebradas. Risaralda 2015. Universidad Libre Seccional Pereira. Tesis de Grado

GONZALES CUEVAS Oscar. Análisis Estructural. México DF ,2005. Limusa Norega Editores

HIBBELER, Russel. Análisis Estructural, Octava Edición. México: Editorial PEARSON EDUCACIÓN, 2012

INGEOMINAS. Historia de Sismos en Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia. 2015.

INGEOMINAS. Historia de Sismos en Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia. 2015.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. Risaralda, Características Geográficas, Mistrató. 2005

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. Caldas, Características Geográficas. 1989

MAESTRE SILVA Omar. Apuntes para la historia del Eje Cafetero. Santa Fe de Bogotá, Diciembre 2010. Editorial Alfa Omega

MALDONADO RONDÓN, Esperanza; CHIO CHO, Gustavo y GÓMEZ ARAUJO, Iván. Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos. Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander, Colombia, Junio de 2007. Artículo Científico

MENA HERNÁNDEZ, Ulises. Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Septiembre de 2005. Tesis Doctoral

MUÑOZ, Edgar; RUIZ, Daniel; PRIETO Javier y RAMOS Ana. 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, 2006. Boletín Técnico

NARVÁEZ OSORIO, Juan Diego. Diagnóstico de La Vulnerabilidad Física y Funcional del Sistema de Acueducto y Alcantarillado de Santa Rosa de Cabal. Colombia, Risaralda: Empresa de Obras Sanitarias de Santa Rosa de Cabal EMPOCABAL E.S.P. – E.I.C.E Santa Rosa De Cabal, 2002

NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D.C, 2010.

OSORIO GAVIRIA Alejandro, OSORIO RAMÍREZ Andrés Felipe. Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones Indispensables del Grupo III y IV en el Municipio de Viterbo, Caldas. Risaralda 2015. Universidad Libre Seccional Pereira. Tesis de Grado

POZO QUINTANA María. Reseña Histórica Municipios Eje Cafetero. Febrero 2005. Risaralda, Colombia

RAMÍREZ CUERVO Kelly Johanna, URREA HERNÁNDEZ Camilo Andrés. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Funcional del Sector Educación del Municipio de Dosquebradas. Pereira, Risaralda 2014. Universidad Libre Seccional Pereira. Tesis de Grado

ROCA, Andrés, IRIZARRY, Jhon; LANTADA, Nathalla; BARBAT, Alexander; GOULA, Xion; PUJADES, Lina y SUSAGNA Tatiana. Método Avanzado para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico. Aplicación a la Ciudad de Barcelona. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 18 de Julio de 2006. Tesis Doctoral

SAFINA MELONE, Salvador. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña; Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Diciembre de 2002. Tesis Doctoral.

SEPULVEDA LEON Andrés Amador. Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de hospitales de Chile. Santiago de Chile, 1997. Universidad de Chile

UGARTE, Alexander. Metodología de modelación de escenarios de riesgo sísmico en Managua, Nicaragua. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Arquitectura, 11 de Noviembre de 2009. Artículo Científico