



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**DETERMINACIÓN DE INDICADORES  
DE VULNERABILIDAD Y RIESGO  
SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES  
RESIDENCIALES EN EL MUNICIPIO  
MARIO BRICEÑO IRAGORRY,  
ESTADO ARAGUA,  
PARA EL PROYECTO INTERNACIONAL GEM.**

**Autor:**  
Bru. S. Kelvy Rene  
C.I. 19.469.231

Urb. Yuma II, calle N°3, Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) – Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARINA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO  
SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES EN EL MUNICIPIO  
MARIO BRICEÑO IRAGORRY, ESTADO ARAGUA, PARA EL PROYECTO  
INTERNACIONAL GEM.**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL.**

**Autor:**  
Bru. S. Kelvy Rene  
C.I. 19.469.231  
**Tutor:** Robert Sánchez  
C.I. 12.337.103

San Diego, junio de 2017



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA

---

**FI-I-031-2017-2**

Valencia, 07 de Julio de 2017

Ciudadano:

**Bru Kelvy**

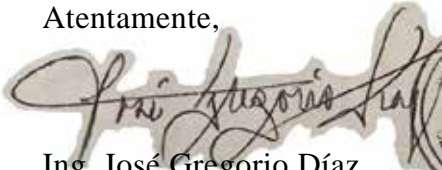
**C.I 19.469.231**

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 2-2017 de la fecha 07/07/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **“DETERMINACION DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES EN EL MUNICIPIO MARIO BRICEÑO IRAGORRY, ESTADO ARAGUA, PARA EL PROYECTO INTERNACIONAL GEM”** Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Robert Sánchez C.I 12.337.103 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,


Ing. José Gregorio Díaz  
Decano de la Facultad de Ingeniería.

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).

JGD/fr.



**REPÚBLICA BOLIVARINA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero Robert Sánchez portador de la cédula de identidad N° 12.337.103, en mi carácter de tutor de trabajo presentado por el ciudadano Kelvy R. Bru. S., portador de la cédula N° 19.469.231, (respectivamente), titulado **DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES EN EL MUNICIPIO MARIO BRICEÑO IRAGORRY, ESTADO ARAGUA, PARA EL PROYECTO INTERNACIONAL GEM.** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los doce días del mes de marzo de año dos mil dieciocho

Ing. Robert Sánchez.

C.I. 12.337.103

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios, por iluminarme y darme la determinación e inteligencia, guiándome e impulsándome a ser una mejor persona cada día.

A mis padres Magali S. y Alberto B. por su formación, su apoyo incondicional dándome todo ese amor y sobre todo la comprensión.

A mi hermana María B. por apoyarme, siempre creyendo en mí en todo momento.

A mi primo Alyernar B. el cual me acompaño en este largo camino y nunca desistió de brindar su apoyo incondicional en momentos difíciles.

A mi compañera Mergui S. por enseñarme a ser constante y apoyarme.

A la Universidad José Antonio Páez por la oportunidad brindada a formarme como Ingeniero Civil.

A mi tutor Robert S. por sus enseñanzas y su gran pedagogía que influyeron en mi aprendizaje de estudio y en este trabajo especial de grado.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp
<b>RESUMEN INFORMATIVO.....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	8
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
1.4 Justificación.....	9
1.5 Alcance y limitación de la investigación.....	11
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	<b>12</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	12
2.2 Bases Teóricas.....	17
2.2.1 Vulnerabilidad Sísmica.....	19
2.2.2 Disposición geométrica de un edificio.....	20
2.2.3 Problemas de configuración geométrica.....	21
2.2.4 Problemas de configuración estructural.....	21
2.2.4.1 Concentraciones de masa.....	23
2.2.4.2 Columnas cortas.....	23
2.2.4.3 Pisos débiles.....	24
2.2.4.4 Torsión.....	24
2.2.4.5 Impacto entre edificios adyacentes (golpeteo).....	25
2.2.4.6 Excesiva flexibilidad estructural.....	25
2.2.4.7 Excesiva flexibilidad del diafragma.....	26
2.2.5 Métodos cualitativos.....	26
2.2.6 Zonas Homogéneas.....	28
2.2.7 Índices Estructurales.....	29
2.2.7.1 Índice De Priorización Estructural (Ip).....	29
2.2.7.2 Índice De Amenaza (IA).....	30
2.2.7.3 Índice De Vulnerabilidad (Iv).....	31
2.2.7.4 Índice De Importancia (II).....	39
2.2.8 Índices De Vulnerabilidad, Riesgo Y Priorización.....	41
2.2.9 Riesgo.....	42
2.2.10 Peligro.....	44
2.2.11 Riesgo sísmico.....	44

2.2.12 Amenaza sísmica.....	45
2.2.13 Sismos.....	45
2.2.13.1 Clases de Sismos.....	46
2.2.14 Hipocentro o foco.....	48
2.2.15 Ondas sísmicas.....	48
2.2.15.1 Tipos de ondas sísmicas.....	48
2.2.16 Magnitud de un sismo.....	49
2.2.17 Momento Sísmico.....	50
2.2.18 Intensidad.....	50
2.2.18.1 Escala de Intensidad.....	52
2.2.18.2 Escala sismológica.....	52
2.2.19 Manifestaciones de los sismos (Bertero 2000).....	58
2.2.19.1 Efectos Directos.....	58
2.2.19.2 Efectos Indirectos.....	59
2.2.19.3 Principio del diseño por desempeño .....	59
2.2.20 Red sismológica de Venezuela.....	59
2.2.21 Sustento teórico de la investigación.....	61
2.2.22 Operacionalización de la Variable.....	63
2.3 Bases Legales.....	65
2.4 Definición de términos básicos.....	66
<b>III MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>68</b>
3.1 Tipo de investigación.....	68
3.2 Tipo de Estudio.....	69
3.3 Diseño de la Investigación.....	69
3.4 Población y muestra.....	69
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	70
3.6 Fases Metodológicas.....	71
<b>IV RESULTADOS</b>	<b>76</b>
4.1. Presentación y discusión de resultados.....	76
4.2. Sectorización de las zonas homogéneas en el municipio MBI.....	76
4.3. Inspecciones en sitio de las edificaciones en las zonas homogéneas...	76
4.4. Resultado de la evaluación de los escenarios de riesgo sísmicos.....	97
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>112</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE CUADROS CONTENIDO

<b>CUADRO</b>	<b>Pp</b>
1 Tipo de edificación según clasificación censo de población y vivienda.....	29
2 Clasificación según el uso del edificio.....	40
3 Escala de Mercalli Modificada.....	53
4 Escala MSK.....	56
5 Determinación de Indicadores de Vulnerabilidad y riesgo.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS CONTENIDO

<b>TABLAS</b>	<b>Pp</b>
1 Valores del Índice de Amenaza (IA).....	30
2 Índice de Vulnerabilidad específica (Ii) y pesos relativos (ai).....	31
3 Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con la antigüedad (I1).....	32
4 Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con el Tipo Estructural (I2).....	32
5 Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con irregularidades (I3).....	35
6 Separación entre edificaciones.....	36
7 Índice de Vulnerabilidad asociado con la profundidad del depósito (I4).....	37
8 Índice de Vulnerabilidad asociado con la topografía y a los drenajes (I5).....	38
9 Índice de Vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I6).....	39
10 Valores del Índice de Importancia, (II).....	40
11 Valoración del Índice de Vulnerabilidad, Iv.....	41
12 Valoración del Índice de Riesgo, IR.....	41
13 Valoración del Índice de Priorización, IP.....	42
14 Distribución de los edificios de acuerdo al número de pisos.....	78
15 Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al uso.....	79
16 Distribución de las edificaciones de personas que la ocupa.....	81
17 Distribución de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación.....	82
18 Distribución numérica de las edificaciones por periodo de construcción.....	84
19 Distribución numérica y porcentual de los Edificios por Sistema Estructural...86	86
20 Distribución de las Edificaciones según su configuración en planta.....	88
21 Distribución numérica y porcentual de las Edificaciones según su elevación...89	89
22 Distribución numérica de las edificaciones que presentan irregularidades.....	91
23 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado del edificio...93	93
24 Distribución de las edificaciones de acuerdo al estado de mantenimiento.....	95
25 Distribución aproximada de los indicadores de vulnerabilidad.....	96
26 Distribución numérica de riesgo sísmico presente en las edificaciones.....	99
27 Distribución de los índices de priorización presente en las edificaciones.....	101
28 Rangos de clasificación y distribución de los índices de priorización.....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>Pp</b>
1 Zonas donde se consideran los efectos topográficos.....	36

## ÍNDICE DE GRAFICOS

### GRAFICOS

Pp

1	Distribución numérica de las edificaciones según la cantidad de pisos.....	78
2	Distribución porcentual de las edificaciones según la cantidad de pisos.....	79
3	Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al uso.....	80
4	Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo al uso.....	80
5	Distribución numérica de las edificaciones de personas que la ocupa.....	81
6	Distribución porcentual de las edificaciones de personas que la ocupa.....	81
7	Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación....	82
8	Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación...	83
9	Distribución numérica de las edificaciones por periodo de construcción.....	85
10	Distribución porcentual de las edificaciones por periodo de construcción.....	85
11	Distribución numérica de los Edificios por Sistema Estructural.....	87
12	Distribución porcentual de los Edificios por Sistema Estructural.....	87
13	Distribución Numérica de las Edificaciones según su configuración en planta...	88
14	Distribución Porcentual de las Edificaciones según su configuración en planta..	89
15	Distribución numérica de las Edificaciones según su elevación.....	90
16	Distribución porcentual de las Edificaciones según su elevación.....	90
17	Distribución numérica de las edificaciones que presentan irregularidades.....	92
18	Distribución numérica del grado de deterioro de las edificaciones.....	93
19	Distribución porcentual del grado de deterioro de las edificaciones.....	94
20	Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado del edificio...95	
21	Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo al estado del edificio..95	
22	Distribución numérica de los indicadores de vulnerabilidad en edificaciones...97	
23	Distribución porcentual de los indicadores de vulnerabilidad en edificaciones..97	
24	Distribución numérica de riesgo sísmico en las edificaciones estudiadas.....99	
25	Distribución porcentual de riesgo sísmico en las edificaciones estudiadas.....99	
26	Distribución numérica de los índices de priorización en las edificaciones.....102	
27	Distribución porcentual de los índices de priorización en las edificaciones....102	



**REPÚBLICA BOLIVARINA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO  
SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES EN EL MUNICIPIO  
MARIO BRICEÑO IRAGORRY, ESTADO ARAGUA, PARA EL PROYECTO  
INTERNACIONAL GEM.**

**AUTOR:** Kelvy Bru.

**Tutor:** Robert Sánchez.

**Fecha:** Junio, 2017

**RESUMEN**

La presente investigación consiste en evaluar los indicadores de riesgo sísmico de las edificaciones ubicadas en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Edo. Aragua, ante una amenaza sísmica, empleando la planilla de inspección visual rápida y la aplicación móvil Android propuestos y diseñados por FUNVISIS. Así mismo, contempla la inspección de viviendas de uso residencial, como lo son las viviendas multifamiliares, unifamiliares y populares. Se sectorizó el área en estudios 150 zonas homogéneas, donde se observó con detenimiento las características constructivas de cada edificación tales como: altura, irregularidades, año de construcción, capacidad de ocupación, entre otros, creando así una base de datos que agrupo los parámetros que inciden en la determinación del índice de vulnerabilidad, riesgo sísmico e índice de priorización de cada edificación, lo que representará la necesidad de una revisión más detallada si la requieren o no de las edificaciones, en la cual estas deben ser evaluadas a fin de mitigar o prevenir el desastre por la ocurrencia de un sismo. En la investigación se presentan 302 edificaciones estudiadas lo cual hace un total de 24.193 edificaciones estimadas. En las zonas evaluadas se han reportado niveles de vulnerabilidad sísmica elevada con aproximadamente 10.134 edificaciones (44,37 %). Por otra parte se determinó que 13.189 edificaciones (54,52%) poseen índice de riesgo sísmico alto, y finalmente se obtuvo 20.264 edificaciones con índice de priorización medio, estas deben ser evaluadas afín de mitigar o prevenir el desastre por la ocurrencia de un sismo. La investigación fue de tipo proyecto factible, sustentada en una investigación de campo y nivel descriptivo

**Descriptorios:** indicadores sísmicos, vulnerabilidad sísmica, normativa sismoresistente, irregularidades de construcción, amenaza sísmica

## **INTRODUCCIÓN.**

La vulnerabilidad es el grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características, la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.

El elevado riesgo sísmico en Venezuela se ha evidenciado en terremotos pasados en lugares donde existe una importante amenaza y donde se han desarrollado construcciones vulnerables. Con respecto a la amenaza sísmica, La Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Funvisis), ha desarrollado estudios de microzonificación que caracterizan con detalle este fenómeno. FUNVISIS, ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología (Mpppeuct), firmó un convenio de cooperación internacional con la Fundación GEM (Global Earthquake Model), con el objetivo principal de realizar una evaluación integrada del riesgo sísmico en Venezuela.

Este acuerdo permitirá definir programas de gestión de riesgo, como planes de mitigación, emergencia y mecanismos de transferencia del riesgo, que estarán basados en metodologías novedosas y datos públicos y confiables sobre los edificios y su vulnerabilidad frente a la amenaza sísmica.

La presente investigación pretende evaluar la vulnerabilidad estructural presente en el municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua ante la amenaza sísmica, aplicando una metodología de inspección rápida diseñada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), con la finalidad de obtener los indicadores de riesgos sísmicos, vulnerabilidad e índice de priorización del municipio Mario Briceño Iragorry.

Estructuralmente la investigación consta de cinco capítulos, Capítulo I el Problema donde están: el planteamiento, objetivos, justificación, limitaciones y alcance. Capítulo II el Marco Teórico, con los antecedentes, bases teóricas y bases teóricas. Capítulo III Marco metodológico, donde se expresan el tipo de investigación, diseño, nivel, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y las fases metodológicas; el Capítulo IV Resultados de la investigación, Conclusiones y Recomendaciones, Bibliografía, Anexo y Apéndice.

# **CAPÍTULO I**

## **EI PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

A lo largo de la historia de la humanidad la evolución de la Tierra, en su inestabilidad y continuos movimientos de las placas tectónicas han representado graves problemas para la seguridad de las personas, dado que trae consigo desastres, muertes y pérdidas materiales y el hombre se ha visto en la necesidad de usar la tecnología con mayor frecuencia para el pronóstico de los sismos o terremotos, con la intención de minimizar el riesgo sobre la población, tal y como lo señala Patiño (2009):“Sin duda, el problema de la predicción de los fenómenos naturales se puede abordar desde diferentes perspectiva, las cuales finalmente marcaran el rumbo que debe seguir la investigación.(P.45).

Actualmente, diversos terremotos han puesto de manifiesto la importancia de planificar las ciudades y la gran influencia que tiene el comportamiento de los edificios ante un episodio imprevisto de esta magnitud y las consecuencia que se tienen que padecer si no se toman previsiones necesarias para de alguna manera enfrentar este tipo de desastre, tal y como lo indica Martínez (2014) “Ante la imposibilidad de evitar la ocurrencia de un terremoto y de predecirlos con un margen pequeño de tiempo para tomar acciones a corto plazo, la reducción de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, es la medida más eficaz para prevenir los daños y evitar los desastres.”(p.22)

Es por esta razón, por lo que los continuos intentos de la ciencia por pronosticar de manera precisa los terremotos, sismos, tsunamis, huracanes y otros desastres naturales, en la actualidad la única manera de disminuir un embate de la naturaleza, es la previsión y preparación que tenga una para hacer frente a estos fenómenos y para ello se hace imprescindible abordar y analizar la vulnerabilidad y el nivel riesgo que puede tener

una determinada zona ante amenazas sísmicas, con la intención proponer medidas que puedan mitigar las consecuencias de estos.

De allí, que los estudios de los indicadores de la vulnerabilidad y riesgos de las edificaciones sean de vital importancia para controlar, fortalecer y orientar el tipo de edificaciones y de estructuras a construir que garanticen la seguridad de los habitantes de una comunidad con propensión a que ocurra un sismo repentino en esta, tal y como los señalan Llanos et al, (2003) “Conocer la terminología asociada a la vulnerabilidad de las edificaciones permite identificar las causas que la generan, y además, se hace eficiente la creación y aplicación de programas de previsión y mitigación de desastres de acuerdo con las condiciones naturales, sociales, culturales y políticas de una comunidad.” (p.78)

En ese mismo orden de ideas, la vulnerabilidad está directamente relacionada con el riesgo, el conocimientos y manejo de ambos, amplia la capacidad de reacción en caso de desastre, es un factor determinante en la planificación y reestructuración de ordenanzas municipales, puesto que, el riesgo al ser considerado como las posibles pérdidas ante un evento por posibles fallas estructurales debe ser tratado con la prioridad e importancias que amerita para evitar estas.

De allí, que el riesgo puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Entendiendo a la amenaza o peligro como la probabilidad de que se presente un evento con determinada intensidad durante un período de exposición, tal como la definen Cardona y otros (2013),

“ peligro latente de que un evento físico de origen natural o causado por la acción humana se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños o pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. Las amenazas pueden ser geológicas, resultado de procesos internos y externos en la Tierra; hidrometeorológicas, que pueden ser exacerbadas por la variabilidad y el cambio climático, o antropogénicas. (p.7).

Una vez conocida la amenaza, durante un período de exposición, y conocida la vulnerabilidad, entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto de ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida, el riesgo puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento, como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o menor, como señala Silva en el caso de riesgo sísmico (2011):

La caracterización del riesgo sísmico en una determinada localidad depende directamente de múltiples factores tales como: identificación de la amenaza sísmica, características del movimiento fuerte (strong motion), propiedades y condiciones locales del suelo y del grado de vulnerabilidad sísmica de los elementos involucrados. Esto permite, entre otros aspectos conocer la factibilidad del emplazamiento y comportamiento sísmico de infraestructuras y estructuras en general, con el objeto de mitigar y reducir las eventuales pérdidas asociadas a distintos escenarios de riesgo. (p.27)

Así mismo, se dice que los estudios sobre la problemática de la gestión del riesgo de un área geográfica debe incluir, no solo la identificación y la evaluación del riesgo a la capacidad de respuesta de las edificaciones utilizando estimaciones técnicas de valoración de los daños o pérdidas económicas potenciales debido a la probabilidad de ocurrencia ante eventos extremos, sino también otros aspectos relacionados bajo las condiciones socioeconómicas que inciden en la capacidad de recuperación que puedan aumentar el impacto directo e indirecto de los eventos peligrosos.

Ahora bien, sabiendo que en el pasado y en el presente este tipo de evento de prevención ocurren a nivel mundial muy seguido trayendo consigo consecuencias devastadoras como son el terrible tsunami en Asia a finales de 2004 (con más de 300.000 víctimas), el terremoto de Indonesia de comienzos de 2005 (magnitud Richter 8.7) y el terremoto de Pakistán del 8 de octubre de 2005 (magnitud Richter 7.6, con más de 80.000 víctimas y 4 millones de damnificados que quedaron sin hogar en invierno, en las cercanías de los Himalayas).

Que además, en América Latina existe una extensa lista de catástrofes: los terremotos de Managua (1972), México (1985), San Salvador (1986), las erupciones de Chichonal (México, 1982) y Nevado del Ruiz (Colombia, 1985), las inundaciones

provocadas por el fenómeno de El Niño, las tormentas tropicales, los huracanes (Honduras, 1974), las inundaciones (Honduras, Nicaragua, Costa Rica, 1983, 1991, 1992, 1996), los deslaves de Vargas (Venezuela, 1999) y Bolivia (2003), como sostiene el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2000):

La magnitud de los daños humanos y económicos provocados por los desastres naturales en América Latina y el Caribe es estremecedora con arreglo a cualquier clase de medición. Algunas estimaciones hacen ascender a 150 millones la población afectada (directa e indirectamente)” periodo entre 1530-2004 y en la actualidad es preocupante pensar que existe en el país un porcentaje importante de construcciones viejas. (s/p)

Igualmente, según FUNVISIS (2002) “En la actualidad aproximadamente un 80% de la población vive en zonas de alta amenaza sísmica, variable que aumenta el nivel de riesgo, haciéndolo cada vez mayor a medida que se eleva el índice demográfico y las inversiones en infraestructura”.

Por otro lado, estando al tanto que la vulnerabilidad existente en las edificaciones en Venezuela está en estudio desde hace mucho tiempo, dado el aumento poblacional y su incremento en la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo lo que ha causado que las normas venezolanas para la construcción de edificaciones residenciales se hayan modificado, conteniendo requisitos de análisis, diseño y construcción más exigentes que las antiguas.

Del mismo modo, sabiendo que en Venezuela el grado de sismicidad es un tema que cada vez más cobra gran importancia en materia de construcción, ya que el norte de Venezuela es parte del límite entre las placas Caribe y la placa Sudamericana, sabiendo que son fallas principales activas del tipo transcurrente dextral a lo largo de un cinturón aproximadamente de 100 kilómetros definido por los sistemas montañosos de los Andes venezolanos, como también la Cordillera Central y Oriental, denominado sistema de fallas de Oca-Ancón-Boconó-San Sebastián-El Pilar y siendo todas estas fallas como las causantes de los sismos más severos que han ocurrido en el territorio nacional.

Igualmente, a pesar de que durante los últimos años, en un trabajo lento pero sostenido, con el objetivo general de reducir los riesgos sísmicos en el país FUNVISIS

ha venido desarrollando la evaluación y mejoramiento de dicha norma, siendo este un ente que tiene como propósito ejecutar investigaciones interdisciplinarias de las amenazas socio-naturales de origen sísmico y geológico, así como el monitoreo y reporte de las actividades sísmológica, y la divulgación y aprobación de nuevos conocimientos, con el fin de prestar apoyo a la población y a los organismos competentes en gestión de riesgos, dentro del territorio nacional e internacional, de allí que indica lo siguiente:

.....La sismicidad histórica en Venezuela revela que desde 1530 hasta el 2004 han ocurrido 131 eventos sísmicos que han causado daños en poblaciones venezolanas, lo que indica que el conocimiento de la sismicidad de una zona en particular es importante a objeto de planificar y construir viviendas de la manera más eficiente posible, minimizando el riesgo poblacional de vivir en zonas de alta amenaza sísmica. (FUNVISIS)

Por último, señalando que en Venezuela no existe un censo específico que contemple las características como año de construcción, condiciones del terreno, tipo de estructura, irregularidades estructurales así como grado de deterioro por falta de mantenimiento, entre otros, de las edificaciones por región y/o localidad del mismo y partiendo de la premisa que la seguridad de la población venezolana debe ser entendida como un derecho humano fundamental, se hace necesario estudiar el riesgo sísmico a que están expuestos los edificios en determinadas zonas, en el caso de este proyecto se estudiará la zona que corresponde al Municipio Mario Briceño Iragorry del Estado Aragua, en el cual se determinarán los indicadores de amenazas sísmicas, vulnerabilidad, riesgo sísmico y priorización de las edificaciones evaluadas.

Por lo antes expuesto, surge la inquietud del autor hacia este estudio, debido a que hoy en día, aún existen edificaciones residenciales en el municipio Mario Briceño Iragorry que fueron construidas bajo los criterios de normativas muy antiguos en comparación a las actuales y una importante cantidad de viviendas informales construidas sin el ordenamiento y supervisión adecuada, las cuales se encuentran en un alto riesgo sísmico debido a la vulnerabilidad de sus estructuras, siendo esto una luz roja que alerta hacia un posible desastre, porque tal y como lo indica: Sandi (1986)

"siendo esta una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley de Causa-Efecto, donde la Causa es el sismo y el efecto es el daño" (p. 49).

De acuerdo a lo anterior, surgen algunas incógnitas que hay que abordar para indagar sobre el problema en cuestión.

## **1.2 Formulación del Problema**

- ¿Cuáles son los datos de identificación de las edificaciones en el municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua?
- ¿Cuál es la cantidad de edificaciones por zonas homogéneas que presentan alto riesgo sísmico?
- ¿Dónde se encuentran ubicadas las zonas de mayor uso residencial del municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua?
- ¿Cuáles edificaciones se encuentran expuestas a tener un alto nivel de vulnerabilidad sísmica?
- ¿Cuáles son los indicadores de vulnerabilidad y riesgo ante un sismo en Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua?
- ¿Cuál es la prioridad estructural de estas edificaciones ante los eventos sísmicos?

## **1.3 Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo General.**

Determinación de Indicadores de Vulnerabilidad y riesgo sísmico de las Edificaciones Residenciales en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Indagar sobre los datos de identificación de las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.
- Contabilizar las edificaciones por zonas homogéneas que presentan alto riesgo sísmico en el municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua ante los eventos sísmicos.

- Localizar las zonas de mayor uso residencial del municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.
- Contabilizar edificaciones se encuentran expuestas a tener un alto nivel de vulnerabilidad sísmica en el municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.
- Establecer los indicadores de la vulnerabilidad y riesgo estructural de las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.
- Establecer la prioridad estructural de las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua ante los eventos sísmicos.

#### **1.4 Justificación**

A nivel mundial, los terremotos han sido causantes de catástrofes naturales que provocan muchas pérdidas humanas, y a pesar de que muchos esfuerzos están siendo dedicados al estudio de amenazas sísmicas, las comunidades siguen confiadas en la seguridad física y funcional de las edificaciones en general, particularmente en zonas vulnerables y con alto riesgo sísmico. En las últimas décadas del siglo pasado diversas edificaciones se construyeron sin tomar en cuenta la sismicidad del lugar y la respuesta del terreno, distribución de masas, tipo de suelo en donde fueron fundadas, entre otras variables de gran complejidad que hacen visible un alto grado de riesgo en la comunidad, tal como lo afirman Córdova y Bravo (2015):

La población que habita en diferentes sectores que no poseen condiciones de vida seguras por dos razones: la necesidad extrema y el desconocimiento; el material utilizado y la resistencia apropiada, los desastres naturales o provocados por las personas por su extrema vulnerabilidad se caracterizan por: escasos recursos económicos, condiciones de vida precarias, ubicación de viviendas o espacios en alto riesgo, imposibilita la movilización, esto es el resultado de la falta de organización y preparación de la comunidad. (p.11)

Ante tal escenario y la dificultad de recuperación de los daños causados por un evento natural de este tipo fenómeno se hace necesario el uso de diferentes metodologías de evaluación y parámetros característicos empleados para describir la acción y el daño en un análisis de riesgo, la evaluación de daños y pérdidas, es necesario recurrir a técnicas complementarias o alternativas que permitan considerar otras dimensiones de la problemática del riesgo para facilitar su comprensión y

dimensionamiento. El uso de ciertos tipos de indicadores donde sea posible realizar la valoración de aspectos básicos relacionados con la vulnerabilidad, el riesgo y su manejo y de esta manera obtener una estimación a la distribución de probabilidad de ocurrencia a los impactos de todos los futuros eventos.

Es razonable, que ante tal incertidumbre del riesgo sísmico en las edificaciones venezolanas, el autor se plantea una investigación en el Municipio Mario Briceño Iragorry del Estado Aragua, de manera que permita avanzar en planes de mitigación y prevención del riesgo sísmico, así como también, encontrar indicadores que permita establecer cuales edificaciones requieren un estudio más detallado por parte de especialistas en la materia y determinar así su vulnerabilidad ante un evento sísmico.

De allí, que esta investigación se justifica desde los siguientes puntos de vista: Desde lo Teórico, puesto que se pretende que con el presente estudio, que futuros investigadores puedan apoyarse en ella, tanto a nivel de antecedentes, como a nivel veracidad en cuanto a los resultados obtenidos.

Desde lo Institucional, ya que al indagar sobre los indicadores de vulnerabilidad y riesgo ante un sismo en el Municipio Mario Briceño Iragorry del estado Aragua, se podría tomar como punto de partida en futuras investigaciones, para tomar acciones acerca de la necesidad de aplicar estrategias que permitan prevenir los riesgos de construir en zonas alta vulnerabilidad, en un intento por mejorar el ordenamiento residencial y así poder evitar fatídicas pérdidas en un futuro.

Desde el punto de vista práctico, los resultados del estudio permitirán reconocer los indicadores que deben ser tomados en cuenta para que en posteriores investigaciones se apliquen metodologías y técnicas que permitan un avance en las indagaciones relacionadas con las zonas con alta o baja vulnerabilidad y las condiciones de riesgo

Desde el punto de vista informativo, el estudio pretende proporcionar al información acerca de los indicadores de la vulnerabilidad y el riesgo ante un sismo del Municipio Mario Briceño del Estado Aragua, un punto de partida para implementar una normativa legal sobre la prevención de riesgos provenientes del desconocimiento o no cumplimiento de las normas de ordenamientos residencial, de

tal manera que esto le garantice a la comunidad mejoras y rediseño de las futuras edificaciones en pro de una vida menos arriesgada en ese sentido.

### **1.5 Alcance y limitación de la investigación**

Esta investigación se basa en la inspección de zonas homogéneas específicamente residenciales del municipio Mario Briceño Iragorry del estado Aragua, las cuales se realizarán de forma aleatoria considerando la distribución de los diferentes tipos de edificaciones estructurales que se encuentren en dicha zona, con el fin de obtener una muestra representativa del área en estudio y así determinar el índice de vulnerabilidad a través de una inspección visual, haciendo uso de una lista de chequeo aportadas por FUNVISIS para la recolección de los datos y utilizando programas como Google Earth donde se establecerán las zonas de estudio.

Los resultados obtenidos por medio de lo antes expuesto, permitirá obtener un índice de vulnerabilidad el cuál será la base para la realización de proyectos de FUNVISIS; donde se espera que con este se pueda sensibilizar a los entes sociales acerca de las implicaciones de la actividad sísmica en las estructuras.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El Marco teórico es un cuerpo de ideas explicativas coherentes, viables, conceptuales y exhaustivas, armadas lógicamente y sistemáticamente para proporcionar una explicación envolvente pero limitada, acerca de las causas que expliquen la fórmula del problema de la investigación. De acuerdo con Sabino (2003), el marco referencial de una investigación es “un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permiten abordar el problema” (p.74).

Cuando el investigador se enfrenta a las bases teóricas presentan una estructura sobre la cual se diseña el estudio, sin esta no se sabe cuáles elementos se pueden tomar en cuenta, y cuáles no. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P (2010) las presentan como: “Un conjunto de conceptos, definiciones y proposiciones relacionados entre sí, que presentan un punto de vista sistemático de fenómenos especificando relaciones entre variables con el objetivo de explicar y preceder fenómenos” (p.89).

La investigación puede iniciar una teoría nueva, reformar una existente. De este modo, el fin que tiene el marco teórico es el de situar el problema que se está estudiando dentro de un conjunto de conocimientos, que permita orientar la búsqueda y ofrezca una conceptualización adecuada de los términos que se utilizarán en el trabajo o simplemente definir con más claridad, conceptos o variables ya existentes.

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Respecto a la investigación referida a la Determinación de Indicadores de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de las Edificaciones Residenciales en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua, para el Proyecto Internacional GEM, se revisaron algunos antecedentes que sirven de punto de partida que son de gran apoyo para el estudio problema de explicar un hecho, el deberá hacerlo enfrentando el reto con un discurso lógico y coherente, discurso éste que contiene los términos requeridos para hacerlo significativo.

A nivel Internacional se destacan estudios españoles que han abordado el tema de la vulnerabilidad y el riesgo de sismos, entre estos están los de Barbat y Pujades, (2003), Universidad Politécnica de Cataluña, quienes presentaron un estudio al que titularon: **“Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas, aplicación a Barcelona”**, en el cuales describe la evaluación de escenarios de riesgo sísmico físico mediante el Método del Índice de Vulnerabilidad, utilizando matrices de probabilidad de daño o funciones de vulnerabilidad. Así mismo, se plantea la evaluación mediante un análisis en el marco del concepto de desempeño sísmico de las estructuras y utilizando curvas de fragilidad sísmica que se obtienen mediante simulación por Monte Carlo para tener en cuenta las incertidumbres en las propiedades mecánicas de los materiales.

De acuerdo con los resultados obtenidos puede concluirse que un alto porcentaje de los edificios de Barcelona están en un riesgo sísmico significativo, pese a no encontrarse en una zona de alta peligrosidad. El riesgo se debe a que la mayoría de ellos son muy vulnerables y, por lo tanto, en caso de ocurrencia de un sismo de una severidad incluso moderada, podrían esperarse graves consecuencias no sólo en términos de daño físico, sino también de orden económico y social. Si bien es cierto que actualmente no hay razones para esperar la ocurrencia de sismos severos frecuentes en Barcelona, la ciencia es cada vez más consciente de que en una zona donde ya se han producido eventos moderados o fuertes en el pasado, tarde o temprano volverán a ocurrir.

También Martínez (2014), de la Universidad Politécnica de Madrid, desarrollo una tesis llamada, **“Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica urbanas basadas en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación, Aplicación en la ciudad de Lorca, Región de Murcia”**; en la que se aplica un estudio estadístico se analiza la correlación con el daño de las edificaciones tras el terremoto del 11 de mayo del 2011. Por último, se aplica la metodología para obtener una estimación de la habitabilidad de los edificios de la ciudad de Lorca post sismo. Para esta clasificación de ha adoptado el criterio recogido en diversas recomendaciones internacionales, la

mayoría de las cuales se basan en la documentación generadas por el ATC Applied technology council, distinguiendo entre edificios habitables (daño esrstructural).

En los mapas de distribución de vulnerabilidad B y C se comprueba que estas clases de vulnerabilidades son las que predominan en la mayoría de los edificios, aunque los porcentajes para las clases A, B y C están todos alrededor del 30 %. La diferencia más apreciada se obtiene con la vulnerabilidad de clase D, con un porcentaje medio del 2 %, siendo la clase menos frecuente en toda la región, con un porcentaje máximo de un 7 % en municipios de Alicante y Valencia, disminuyendo este valor hasta el 3 % en la provincia de Castellón.

Los porcentajes más altos para la vulnerabilidad C varían desde un 60 % hasta un 76 % de las edificaciones y pertenecen a municipios de las provincias de Alicante y Valencia, con población en general, por encima de los 4.000 habitantes.

Con respecto a la estimación del daño en los edificios, afirmaron que en la distribución de edificios con porcentaje de daño leve se observa que los valores más altos se alcanzan en los municipios de la provincia de Castellón, con un máximo próximo al 95 % y con una media del 78 %. Por el contrario, el valor medio en Alicante es del 43 % y del 55 % para Valencia. Esto indica que un 58 % de edificios de la Comunidad Valenciana no experimentarían daños moderados ni graves.

Consultando la distribución de edificios con porcentaje de daño grave, se aprecia que el mayor valor es del 44 % y se presenta en la provincia de Alicante, coincidiendo con la zona de mayor peligrosidad sísmica y con algunas de las áreas de mayor densidad de población y edificios. El valor medio en esta provincia es de aproximadamente el 13 % del número de edificios, disminuyendo en las provincias de Valencia y Castellón hasta el 8 % y el 0,2 %, respectivamente.

Respecto al tema en su tesis Montezuma (2011), Universidad Central de Venezuela con el título: “**Determinación de áreas de riesgo sísmico, Estado Sucre. Venezuela**”, señaló que en su investigación se aplicaron entrevistas abiertas, mediante las cuales se obtuvo información reciente de las características viales; y de la capacidad de respuesta de las instituciones ante un evento sísmico, considerándose entre ellas: protección civil,

bomberos y la dirección regional encargada del riesgo y que para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, se determinó el estudio de las variables tanto físicas como socio-económicas, que permitieran evaluar el riesgo sísmico para el estado Sucre, para así identificar sus áreas críticas.

También, señalo que realizó un análisis por matrices; en el caso de la amenaza, una de las variables consideradas fueron los registros históricos de eventos ocurridos, que permitió establecer comparaciones entre los eventos, considerando la fechas de ocurrencia, sus magnitudes y localizaciones, con lo que se determinó cuáles áreas presentaban una mayor amenaza; adicionalmente, se consideró la utilización de matrices en la evaluación de la vulnerabilidad, comparando por municipios cada una de las variables; con este análisis, se contrastó la pobreza, determinando así, cuáles áreas concentraban el mayor porcentaje, lo mismo se realizó con el número de centros educativos y asistenciales, y los índices de desarrollo humano. De esta manera, se pudieron conocer las zonas deprimidas, y en consecuencia, el déficit de personal capacitado para atender las emergencias.

Además, concluyo que las áreas más vulnerables del estado Sucre corresponden al municipio Sucre, y posee el mayor índice, siete; en donde se destaca que los aspectos de exposición y resiliencia son los más frágiles, estos subíndices, por separado se muestran con los valores más altos, es decir, el que podría tener más pérdidas físicas (población e infraestructura) y la menor capacidad de recuperarse, dado el déficit existente, tanto en personal capacitado para prestar servicio de rescate, como en el de camas en los centros asistenciales. Debe tenerse presente, que en este municipio se ubica la capital del estado y que posee la mayor población, también es sede de actividades económicas importantes para la región.

En cuanto a los resultados obtenidos, los municipios más críticos son Sucre, Valdez, Benítez y Ribero; al analizar las características físicas, se tiene que, a parte de la aceleración del suelo, que se tomó como una constante para todo el estado, los suelos blandos son los que tienen una mayor participación en el riesgo al momento de la

ocurrencia de eventos sísmicos, ya que hacen más susceptibles a las estructuras, que pueden ceder fácilmente.

El 43,54% de la superficie del estado posee un alto riesgo, los municipios donde hay que prestar mayor atención son aquellos que a lo largo del tiempo se han visto afectados por eventos sísmicos con consecuencias considerables, como en los casos de Sucre y Ribero, a su vez se tiene a Benítez, donde también se han registrados sismos asociados a la falla de El Pilar, principal generadora de los eventos sísmicos del estado; por otra parte, se tiene que sólo el 7,06% se ubica con un riesgo bajo, lo que indica que el restante 49,4% de la superficie del estado podría ubicarse en un riesgo medio.

Ya a nivel específico del estado Aragua, Pineda (2012) Universidad Central de Venezuela en su tesis doctoral: **“Evaluación de riesgo de movimientos en masa en la subcuenca del río Caramacate (Estado Aragua)”**, a través de un análisis temporal multivariado, propone de la Cordillera de la Costa de Venezuela, considerando que este tipo de fenómeno forma parte de los procesos que contribuyen al modelado del paisaje y a la variabilidad espacial del suelo. Cada factor considerado ha sido analizado a través de un conjunto de variables representadas espacialmente como un continuo, en forma de una grilla de celdas de igual tamaño.

Para evaluar el riesgo de deslizamientos se utilizaron datos de precipitación del período 1958 – 2000 y el modelo SOMORE. Esto permitió determinar probabilidades de ocurrencia de los eventos: humedad total de suelo (HTS) mayor que contenido de agua a saturación (SAT) y humedad total de suelo (HTS) mayor que capacidad de campo (CC), tomando en cuenta los factores clima, suelo y tiempo. La mayor probabilidad de ambos eventos, se presentó en el periodo húmedo (mayo-octubre), particularmente en julio.

La probabilidad más alta de la condición  $HTS > SAT$  se presentó en el área altamente susceptible de la formación geológica Metalavas de El Carmen (23%), mientras que las probabilidad más altas de la condición  $HTS > CC$  se presentaron en las áreas altamente susceptibles de las formaciones geológicas consideradas (>50%). En las Metatobas de El Chino-El Caño, los factores más influyentes sobre los deslizamientos

fueron el relieve y la cobertura vegetal. Aquí las condiciones del suelo favorecen el movimiento del agua a través del perfil y la ocurrencia de deslizamientos más profundos.

## **2.2 Bases teóricas**

Las bases teóricas de la investigación comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado, tal y como lo enfoca Hurtado (2004), cuando afirma que son: “El conjunto coherente y coordinado de concepto, supuestos y proposiciones que el investigador ha recopilado de la bibliografía consultada” (p.96), en este sentido, se presentan los supuestos teóricos que sustentan la siguiente investigación.

Las bases teóricas refieren como se va abordar el problema a investigar con exactitud refiriendo todas las variables que se presentan en el problema y explicando cada una de estas, el objetivo principal de esto es obtener una buena referencia y de esta forma dirigirse mejor a la solución del problema.

El planteamiento del estudio sobre a la determinación de indicadores de vulnerabilidad y riesgo sísmico de las edificaciones residenciales en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua, para el Proyecto Internacional GEM está orientado hacia la cautela de los indicadores de vulnerabilidad y riesgos ante un sismo en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua, de manera que sea posible prevenir este tipo de desastres en esta localidad.

En este sentido, la vulnerabilidad ha sido definida por González (2011):

Como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total. Esta se asocia con las características del diseño y la construcción de la estructura.

Existen diferentes tipos de vulnerabilidad:

Vulnerabilidad física-estructural, asociada a los elementos estructurales, vigas, Columnas, muros y conexiones.

- Vulnerabilidad física-no estructural, asociada a paredes, techos, antepechos, componentes mecánicos, eléctricos y mobiliario.
- Vulnerabilidad funcional, asociada a pérdida de la funcionalidad, en especial en edificios esenciales: hospitales, estaciones de bomberos, edificios gubernamentales, escuelas, líneas vitales y otros. (P.33)

Además de definir y clasificar la vulnerabilidad este mismo autor abordó otro aspecto muy relevante en este estudio, como lo es el riesgo y lo definió de la siguiente manera, “el riesgo viene a ser la posibilidad de daños sociales, ambientales y económicos en una comunidad específica, en un periodo de tiempo, en función de la amenaza o peligro y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas”. (p.33).

Los nuevos valores e impacto de ampliar la capacidad de entendimiento de la vulnerabilidad a la de vulnerabilidad/capacidad, fueron entre otros, su ajuste en función del concepto de riesgo (por ejemplo la capacidad de las personas a modificar su estilo de vida o la capacidad de los edificios para hacer frente a las amenazas), sumar mecanismos de defensa, lazos de parentescos, obligaciones sociales, entre otros, para mejorar las reservas de emergencias, que podrían estar operando en lo individual, familiar y en los niveles de comunidad.

Ahora bien, para Acuña D. (2011).

En un territorio vulnerable, se pueden distinguir dos tipos de vulnerabilidades: la vulnerabilidad que es inherente a los habitantes (vulnerabilidad social) y la perteneciente a lo material, a lo construido (vulnerabilidad de lo edificado). Para la primera, se consideran niveles de pobreza y exclusión, prácticas sociales, niveles de educación, forma de organización, utilización de recursos, participación ciudadana, entre otros aspectos. Para la segunda, los usos que se dan, condiciones constructivas, localización de las edificaciones y dificultad que presentan las estructuras urbanas para adaptarse a los cambios tecnológicos, económicos, sociales, culturales y también, climáticos. Las alteraciones medioambientales también representan una dimensión que requiere ser desarrollada en el estudio y planificación del territorio, considerando que la adaptación de nuestras estructuras urbanas representará una habilidad, una capacidad tendiente a disminuir las vulnerabilidades. (p.13).

En forma específica, hay que señalar que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma, y, además, es independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha observado en sismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma zona sísmica. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica.

### **2.2.1 Vulnerabilidad Sísmica**

La vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de las estructuras, una característica de su comportamiento, que puede entenderse como la predisposición intrínseca de un elemento o grupo de elementos expuestos a ser afectado o ser susceptibles a sufrir daños, ante la ocurrencia de un evento sísmico determinado, tal y como lo afirma Barbat (2003)

(...)la caracterización de la vulnerabilidad sísmica de una estructura está estrechamente vinculada a los posibles daños inducidos como consecuencia de un movimiento sísmico que depende fundamentalmente de tres factores; la severidad del movimiento en el emplazamiento, las características de la estructura y su vulnerabilidad sísmica”(p.130).

En el mismo orden de ideas, para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones individuales, es necesario un estudio detallado que permita conocer la susceptibilidad la edificación de sufrir un determinado nivel de daño para un movimiento especificado. Estos estudios, generalmente se basan en la comparación de la capacidad resistente de la edificación con la demanda. La demanda es una representación de la acción sísmica y la capacidad es una representación de la capacidad que tiene la estructura de resistir la demanda sísmica manteniendo un desempeño compatible con el nivel de respuesta esperado, es decir, una medida de los daños esperados. De manera que, la acción sísmica y el daño sísmico, constituyen los elementos fundamentales para la caracterización de la vulnerabilidad sísmica.

De allí que para, Juan Farfán y Eduardo Díaz (2009... “el análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición

a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso.”(p.8)

Es por esta razón, que con el fin de obtener estimaciones aceptables del riesgo sísmico es necesario evaluar la vulnerabilidad sísmica de los elementos expuestos. Esta condición es propia de cada edificación y su evaluación es un proceso complejo y laborioso. En el caso de edificaciones esenciales, las características de su ocupación, la especial importancia que tiene para afrontar situaciones de emergencia debido a sismos, el carácter vital y estratégico de la preservación de su funcionalidad, los elevados costos de reposición de daños, las características de los materiales y suministros utilizados, así como la complejidad de sus instalaciones, hacen que sean especialmente vulnerables ante la acción de un sismo.

Además, se puede observar que el riesgo sísmico depende directamente de la amenaza y de la Vulnerabilidad, es decir, los elementos de una zona con cierta amenaza sísmica pueden verse afectados en menor o mayor medida dependiendo del grado de vulnerabilidad sísmica que tengan, ocasionando un cierto nivel de Riesgo Sísmico del lugar.

### **2.2.2 Disposición geométrica de un edificio**

Son varios los elementos a considerar a la hora de evaluar la composición geométrica de una edificación: La simplicidad, la simetría de volúmenes, la resistencia determinada por la forma, la disposición de los elementos estructurales y la Sismorresistente, elementos que le confieren un comportamiento homogéneo a la edificación ante la posible ocurrencia de un sismo; de allí que durante la etapa de diseño se debe procurar que la forma geométrica de la construcción se enmarque dentro de estos parámetros.

**Simplicidad:** Es necesario proyectar diseños sencillos que faciliten la distribución equilibrada de los elementos estructurales, evitando en lo posible formas irregulares.

**Simetría:** El diseño en planta establece una ubicación de las diferentes partes del edificio, de tal forma que sus volúmenes deben ubicarse de forma equilibrada respecto de los dos ejes que la cruzan.

**Forma :** La forma volumétrica más recomendable en construcción es la Regular, en la cual el volumen general del edificio se muestra compacto, sin irregularidades en su conformación geométrica, sin salientes o protuberancias; en fin, muestra una forma regular que lo habilita para resistir los efectos dañinos que un sismo le pudiera causar si su forma fuera diferente.

### **2.2.3 Problemas de configuración geométrica**

Definir cuál es el sistema estructural y constructivo a utilizarse en una determinada edificación resulta un paso esencial en su concepción arquitectónica y obviamente estructural. Cuanto más sencillas, simétricas, rectilíneas y repetitiva sean las soluciones, mayor será el grado de confiabilidad de las estructuras cuando reciban el ataque de sismos severos.

**Forma del edificio en planta:** Algunos aspectos de la forma de planta del edificio propician una respuesta sísmica poco conveniente, por lo que siempre deben tomarse en cuenta y evitar incurrir en ellos en la etapa de diseño. De estos aspectos, el principal es asimetría de la planta, porque es la que tiende a provocar vibraciones torsionales en el edificio. Aunque es factible eliminar o minimizar la vibración torsional mediante una distribución de elementos resistentes que hagan coincidir el baricentro de masa con el centro de torsión, con frecuencia esto implica concentraciones de fuerzas en ciertas zonas de la planta y vibraciones locales que son difíciles de cuantificar.

Por otra parte, una posible solución para los problemas de las plantas asimétricas es la subdivisión del edificio en cuerpos independientes y regulares, mediante juntas de construcción. Sin embargo, cabe destacar que la separación que se tiene que guardar entre los cuerpos adyacentes es considerable.

### **2.2.4 Problemas de configuración estructural**

En general, las enseñanzas que han dejado los movimientos sísmicos indican que en los países donde se diseña de acuerdo con una buena normativa Sismorresistente, donde

la construcción es sometida a una supervisión estricta y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica real de la zona, el daño sobre la infraestructura es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se han dado estas circunstancias.

No obstante, es importante destacar que el solo hecho de diseñar de acuerdo con un código no siempre salvaguarda contra el daño producido por terremotos severos. Los códigos sísmicos establecen requisitos mínimos para proteger la vida humana, requisitos que muchas veces no son suficientes para garantizar el funcionamiento de una edificación después del sismo.

De una manera perspectiva histórica, un código por sí solo no puede garantizar la seguridad contra el daño excesivo, puesto que los códigos son reglamentos que establecen requisitos mínimos, los que a su vez experimentan actualizaciones continuas de acuerdo con los avances tecnológicos y las enseñanzas que dejan las investigaciones y los estudios de los efectos causados por terremotos que no son más que pruebas de laboratorio a escala real.

A causas de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por excesos de esfuerzo flexo-compresión. En grietas se presentan grietas diagonales y rotura de estribos a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y debajo de la sección como resultado de las cargas alternadas.

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones vigas-columnas, el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencias de esfuerzos excesivos a flexión.

#### **2.2.4.1 Concentraciones de masa**

El problema en cuestión es ocasionado por altas concentraciones de la masa en algún nivel determinado del edificio que se puede deber a la disposición en él de elementos pesados, tales como equipos, tanques, bodegas, archivos, etc. El problema es mayor en la medida en que dicho nivel pesado se ubica a mayor altura, debido a que las aceleraciones sísmicas de respuesta aumentan también hacia arriba, con lo cual se tiene una mayor fuerza sísmica de respuesta allí y por ende una mayor posibilidad de volcamiento del equipo.

Por lo anterior, en el diseño arquitectónico es recomendable disponer los espacios que representen pesos inusuales en sótanos o en construcciones aisladas aledañas al cuerpo principal del edificio. En casos en los que por razones topográficas se deba tener almacenamientos de agua elevados, debe preferirse construir torres independientes para ese fin, en lugar de adosarlas al edificio principal.

#### **2.2.4.2 Columnas cortas**

Casi en toda su totalidad las estructuras de columnas cortas son de alturas menores en comparación a los elementos estructurales verticales que las componen. Una mayor rigidez lateral de una columna implica mayor resistencia a la deformación, por tanto mientras mayor es la rigidez, mayor será la fuerza necesaria para deformarla. Si una columna corta no está diseñada adecuadamente para resistir esta fuerza, va a sufrir daño durante el evento telúrico. A este comportamiento se le ha llamado “Efecto de Columna Corta”.

Uno de los problemas más comunes de configuración estructural es el conocido efecto de columna corta, que se caracteriza porque la columna no está cautiva por los tabiques de relleno en toda su altura, usualmente para permitir una ventana en la parte alta del tabique. Dicha columna tiende a fallar en forma frágil al ser sometida a esfuerzos cortantes excesivos que se generan por estar impedida su deformación hasta la altura de los tabiques.

Para que las estructuras no colapsen durante un terremoto éstas deben ser capaces de absorber o consumir la energía entrante mediante los miembros portantes de la

misma. Las columnas consumen esta energía mediante los desplazamientos que experimentan. Como los desplazamientos de las columnas son proporcionales a sus longitudes, la capacidad de consumir energía en las columnas cortas es muy baja.

Por esta razón, las columnas cortas son los elementos que más daño infligen a la construcción. El pobre comportamiento de las columnas cortas se debe al hecho que en un terremoto, columnas de diferentes alturas libres tendrán la misma demanda de desplazamiento lateral, Sin embargo, al ser las columnas cortas más rígidas que las columnas más largas, estas atraen mucho más fuerza horizontal.

#### **2.2.4.3 Pisos débiles**

Varios tipos de esquemas arquitectónicos y estructurales conducen a la formación de los llamados pisos suaves, es decir, pisos que son más vulnerables al daño sísmico que los restantes, debido que la rigidez en los pisos superiores es mayor que la rigidez del piso en consideración. Este caso se produce usualmente en el primer piso ya que es ahí donde se ubica un mayor espacio y visibilidad, lo que impide que se utilice elementos con muros de corte que posiblemente se usen en los pisos adyacentes. Los pisos suaves acumulan grandes deformaciones, lo cual puede llegar a producir un colapso abrupto.

En estructuras porticadas de concreto armado se puede presenciar el efecto de piso débil, cuando en pisos inferiores, por efecto de estética y a su vez por la búsqueda de espacio para el estacionamiento de vehículo, se deja libre la planta sin confinamiento alguno de tabiquería, lo que ocasiona la debilidad de este piso por ser menos rígido que el superior.

#### **2.2.4.4 Torsión**

La torsión ha sido causa de importantes daños de edificios sometidos a sismos intensos, que van desde la distorsión a veces visible de la estructura (y por tanto su pérdida de imagen y confiabilidad) hasta el colapso estructural.

La torsión se produce por la excentricidad existente entre el centro de masa y el centro de rigidez. Algunos de los casos que pueden dar lugar a dicha situación en planta son:

- Posición de elementos rígidos de manera asimétrica con respecto al centro de gravedad del piso.
- Colocación de grandes masas en forma asimétrica con respecto a la rigidez.
- Combinación de las dos situaciones anteriores.

Debe tenerse presente que los muros divisorios y de fachada que se encuentren adosados a la estructura vertical tienen generalmente una gran rigidez y, por lo tanto, habitualmente participan estructuralmente en la respuesta al sismo y pueden ser causantes de torsión, como en el caso corriente de los edificios de esquina.

#### **2.2.4.5 Impacto entre edificios adyacentes (golpeteo)**

Si no existe una separación suficiente entre edificios adyacentes, su manera distinta de vibrar ante la sollicitación sísmica conduce al golpeteo entre ellos produciendo severos daños. El daño puede ser particularmente grave cuando los pisos de los cuerpos adyacentes no coinciden en las mismas alturas, de manera que durante la vibración, las losas de piso de un edificio pueden golpear a media altura las columnas del otro.

Diversas recomendaciones proponen una separación mínima entre edificios de un centésimo de la altura del punto más alto de posible contacto. El problema es crítico para edificios existentes que han mostrado ya tener problemas de choque, se puede en estos casos rigidizar los edificios para limitar sus movimientos laterales, ligarlos para que vibren en fase o colocar entre ellos dispositivos que amortigüen el impacto.

#### **2.2.4.6 Excesiva flexibilidad estructural**

La excesiva flexibilidad de la edificación ante cargas sísmicas puede definirse como la susceptibilidad a sufrir grandes deformaciones laterales entre los diferentes pisos, conocidas como derivas. Las principales causas de este problema residen en la excesiva distancia entre los elementos de soporte. Dependiendo de su grado, la flexibilidad puede traer como consecuencias:

- Daños en los elementos no estructurales adosados a niveles contiguos.
- Inestabilidad del o los pisos flexibles, o del edificio en general.
- No aprovechamiento de la ductilidad disponible

#### **2.2.4.7 Excesiva flexibilidad del diafragma**

Un comportamiento excesivamente flexible del diafragma de piso implica deformaciones laterales no uniformes, las cuales son en principio perjudiciales para los elementos no estructurales adosados al diafragma. Adicionalmente, la distribución de fuerzas laterales no se hará de acuerdo a la rigidez de los elementos verticales

- Flexibilidad del material del diafragma.
- Relación de aspecto (largo/ancho) del diafragma
- Rigidez de la estructura vertical
- Aberturas en el diafragma

#### **2.2.5 Métodos cualitativos**

Son métodos diseñados para evaluar de manera rápida y sencilla un grupo de edificaciones diversas, y seleccionar aquellas que ameriten un análisis más detallado.

El uso principal de estos métodos es para la evaluación masiva de edificios con fines de estimar, apreciar el riesgo sísmico en una región amplia de una ciudad. Los métodos cualitativos también utilizan características generales de la estructura para calificarla. Generalmente están asociados a índices globales que han sido calibrados con la experiencia siniestral de estructuras existentes, que permiten identificar el riesgo en términos generales y en algunos casos el nivel de daños.

- **Números de pisos:** La altura de una estructura algunas veces se relaciona con la cantidad de daños que puede soportar. En suelos suaves, un edificio alto puede experimentar temblores considerablemente más fuertes y más largos que un edificio más bajo del mismo tipo. El número de pisos es un buen indicador para estimar la altura de una edificación.
- **Año de construcción:** Esta información es uno de los elementos claves para inspeccionar de manera visual rápida. La edad de la edificación está directamente relacionada con el diseño y las prácticas de la construcción, por lo tanto la edad puede ser un factor que ayude en la determinación del tipo de edificación y, por lo tanto, puede afectar las puntuaciones finales.

Esta información no se encuentra disponible tan fácilmente en el lugar y por eso debe ser incluida en el pre recolección de datos de campo.

- Área total del piso: El área total de piso, disponible en algunos casos en los archivos de asesoría del edificio, podría ser determinado multiplicando el área estimada de un piso por el número de pisos del edificio. El largo y ancho del edificio se podría medir de manera rápida mediante el número de pasos. El área total de pisos es muy útil a la hora de estimar la carga de ocupación y puede ser también utilizada a futuro para estimar el valor de la edificación.
- Ocupación: La información relacionada a la ocupación se indica encerrando en un círculo la información adecuada. La ocupación de un edificio es de interés y utilidad a la hora de determinar prioridades para la mitigación.
- Carga de ocupación: Es el número de personas que ocupa una edificación en un momento cualquiera, la comunidad podría desear actualizar los edificios con más ocupantes. La carga de ocupación puede ser utilizada para establecer propiedades en los planes de mitigación de riesgo.
- Elementos no estructurales con potencial riesgo de caída: La experiencia ha demostrado que los efectos de segundo orden causados por daños en elementos no estructurales pueden agravar significativamente la situación.

Por ejemplo, cielos rasos y acabados de paredes pueden caer sobre corredores o escaleras interrumpiendo la circulación; incendios, explosiones y escapes de sustancias químicas pueden ser peligrosos para la vida. Los daños o interrupción en los servicios básicos (agua, electricidad, comunicaciones, etc.) pueden hacer que un moderno hospital se convierta en una instalación virtualmente inútil porque su funcionamiento depende de ellos.

Los elementos arquitectónicos incluyen componentes como muros exteriores no portantes, paredes divisorias, sistemas de tabiques interiores, ventanas, cielo rasos, sistema de alumbrados, etc.

### **2.2.6 Zonas Homogéneas.**

Definiremos como zona homogénea aquella área en donde las edificaciones (casas y edificios), presenten características estructurales en común según información que puede identificarse mediante el uso de imágenes satelitales y correlacionarse con los datos oficiales del censo del INE (2011).

Para definir un área como zona homogénea deberá existir un predominio de un tipo de edificación o vivienda de al menos un 75% al referirnos a una escala nacional, 85% en el caso que sea una escala regional y a escala local un 95%, y el predominio del uso de la edificación deberá ser de un 90%.

La zona deberá ser limitada a través de calles, avenidas, cauces de ríos o quebradas.

#### **Ü Caracterización de la zona homogénea**

Las zonas serán caracterizadas mediante características presentes en el Registro de unidades Inmobiliarias (RUI) desarrollado por el INE (2010) y el censo de la población y vivienda del INE (2011).

- Tipo de zona: se clasifican en Urbana y Rural, según la población presente y su asociación con las ciudades y pueblos.
- Tipo de área: definida mediante tres categorías:
  1. Tipo de área Urbanización: asociada a zonas donde hay buena accesibilidad vial y servicios básicos.
  2. Tipo de área casco central: zonas predominantemente antiguas donde se ubica el centro histórico de la ciudad, municipio o localidad, caracterizada por tener un orden urbano con alta densidad y vialidad estrecha.
  3. Tipo de área Barrio: zonas no planificadas donde predomina la construcción popular o informal.
- Tipo de edificación: será basada en la definición planteada por el INE en el censo de población y vivienda del 2011. Como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tipo de edificación según clasificación censo de población y vivienda INE (2011).

<b>Tipo de Vivienda, Censo (INE,2011)</b>
Quinta o Casa-quinta
Casa
Casa vecindad
Apartamento en casa, Quinta, Casaquinta
Apartamento en edificio
Rancho
Vivienda indígena

Fuente: INE, 2011.

## **2.2.7 Índices Estructurales.**

### **2.2.7.1 Índice De Priorización Estructural (Ip).**

Este se define tomando en consideración la amenaza sísmica en el sitio, la vulnerabilidad de la estructura y la importancia de la construcción. Este se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$IP = IA * IV * II \quad (1)$$

Donde IA es el índice de amenaza, IV es el índice de vulnerabilidad y II es el índice de Importancia. El índice de amenaza puede variar entre 0,05 y 1,00, el índice de vulnerabilidad entre 6,0 y 100 y el índice de importancia entre 0,80 y 1,00.

El índice de priorización puede variar entre 1 y 100. El Índice de Riesgo sísmico de una edificación se define como el producto de los índices de amenaza y vulnerabilidad el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$IR = IA * IV \quad (2)$$

### 2.2.7.2 Índice De Amenaza (IA).

Este índice tomo en consideración dos factores, el primero viene dado por la relación que guardan los valores del coeficiente (A0) de la aceleración del terreno en roca en las siete zonas sísmicas definidas en la norma sismo resistente nacional

(COVENIN, 2001). Y el segundo la incorporación del efecto topográfico que amplifica el índice de amenaza en aproximadamente un diez por ciento (10%). (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Valores del Índice de Amenaza (IA).

zonas	Peligro  Sísmico	Ao.  (Covenin. 2001)	IA	
			sin efectos Topográficos	con efectos Topográficos
7	Elevado	0,4	0,9	1
6		0,35	0,8	0,88
5		0,3	0,68	0,75
4	Intermedio	0,25	0,56	0,63
3		0,2	0,45	0,5
2	Bajo	0,15	0,34	0,38
1		0,1	0,23	0,25
0		--	0,05	0,05

Fuente: FUNVISIS, 2002

Se consideran efectos topográficos cuando la construcción esté Localizada sobre la mitad superior (L/2) de una ladera con pendiente mayor a 25 grados (aproximadamente 46%), o en la zona de la cima que está a una distancia de la cresta menor a la altura (H) de la ladera. Los valores del índice IA sin efectos topográficos se incrementan en aproximadamente un 10% al incluir los efectos topográficos, de manera de considerar de forma aproximada las amplificaciones que pueden ocurrir en esas circunstancias. (Ver figura 1).

### 2.2.7.3 Índice De Vulnerabilidad (Iv).

Tiene como intención identificar aquellas características intrínsecas en una estructura que puede potenciar un desempeño inadecuado durante un sismo.

Esta dependerá directamente de la antigüedad de la obra (Norma Usada), el tipo estructural, irregularidades presentes, el número de pisos, la profundidad de depósito de suelo, el grado de deterioro, la topografía del sitio y algunas características básicas de la estructura y de las paredes de relleno que condicionan su desempeño sísmico. El Índice de Vulnerabilidad se define mediante la siguiente expresión:

$$(3)$$

Donde  $I_i$  es el índice de la vulnerabilidad específica “i” y a tal como se describe en la Tabla 2. Cada índice  $I_i$  que el Índice de Vulnerabilidad ( $I_V$ )  $i$  es su peso relativo tiene una cota superior a 100 por lo) está también acotado a 100.

Tabla 2. Índice de Vulnerabilidad específica ( $I_i$ ) y pesos relativos ( $a_i$ ).

	<b>Vulnerabilidad</b>
<b><math>I_i</math></b>	<b>Asociada con :</b>

15, esto debido a una ligera disminución de los valores espectrales en esta última con relación con la primera mencionada. Si una edificación ha sido diseñada con diferentes normas, se recomienda seleccionar aquella con mayor índice. Para el caso de viviendas populares, las cuales han sido construidas sin cumplir los requisitos por normas oficiales de construcción y diseño, se recomienda usar el valor de  $I_1=100$  debido a que este valor representa el caso más desfavorable.

Tabla 3. Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con la antigüedad ( $I_1$ )

Años de Construcción (t)		1939 <	1947 <	1955 <	1967 <	1982 <	1998 <	t >
	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	2001
<b><math>I_1</math></b>	100	80	80	90	60	30	10	15

Fuente: FUNVISIS, 2002.

#### Ü Índice De Vulnerabilidad asociado al tipo estructural ( $I_2$ )

En la Tabla 4 se definen quince (15) tipos estructurales más comunes en el país y a este se le asigna un valor ( $I_2$ ) de Vulnerabilidad intrínseca, si una edificación posee dos o más de un tipo estructural, se recomienda usar el índice del tipo predominante o en todo caso asignar el mayor valor de ( $I_2$ ). El criterio aplicado para la asignación de estos índices, fue el de penalizar con mayor Vulnerabilidad los sistemas con poca capacidad de disipación de energía y dar mayor valor a los sistemas dúctiles y/o elevada rigidez y resistencia.

Tabla 4. Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con el Tipo Estructural ( $I_2$ )

Identificación del Tipo Estructural		Descripción	$I_2$
1	PCA	Pórticos de concreto armado(a)	25
2	PCAP	Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	40

3	MCA2 D	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	10
4	MCA1 D	Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel.	90
5	PA	Pórticos de acero	40
6	PAPT	Pórticos de acero con perfiles tubulares	60
7	PAD	Pórticos de acero diagonalizados	20
8	PAC	Pórticos de acero con cerchas	40
9	PRE	Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de Pórticos	90
10	MMC	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada	70
11	MMN C	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada (b)	100
12	PMBC B	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos (b)	90
13	PMBC A	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos (b)	95
14	VB	Viviendas de bahareque de un piso	90
15	VCP	Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.)	100

Fuente: FUNVISIS, 2002.

(a) En esta estructura las paredes no interfieren con el desplazamiento lateral del pórtico y tienen estabilidad propia para movimientos en su plano y fuera de su plano.

(b) Son aquellas construcciones típicas que han sido construidas sin diseño de ingeniería formal y sin seguimiento de normas técnicas.

### Ü Índice De Vulnerabilidad asociado con irregularidades (I3)

Este índice tiene como finalidad modificar la vulnerabilidad intrínseca de una edificación, aumentándola en aquellas que poseen irregularidades geométricas o deficiencias estructurales significativas que condicionan su desempeño sísmico. En la Tabla 6 se definen once (11) irregularidades que son ampliamente reconocidas a nivel internacional como potenciadoras de respuestas sísmicas desfavorables (Naeim, 2001; Pauley y Priestley, 1992; Dowrick, 1977; Arnold y Reitherman, 1982). Por otro lado, en el ámbito nacional, la presencia de columnas cortas se asocia al desempeño inadecuado y al derrumbe de escuelas durante el sismo de Cariaco de 1997 (IMME 1998; Castilla y Marinilli 2000; López et al. 2007; IMME-FUNVISIS-FEDE, 2011). Asimismo, la ausencia de vigas altas en una dirección así como la generación de una planta baja débil inducida por la terminación de las paredes de mampostería de los niveles superiores, han sido señaladas como elementos que influenciaron en forma significativa el derrumbe de cuatro edificios altos durante el sismo de Caracas de 1967 (Grases, 1968; Comisión Presidencial, 1969; Urich y López, 2006).

El Índice de Vulnerabilidad asociado con la irregularidad (I3), se define por:

$$I_v = \sum_{j=1}^{I_1} I_{3j} \leq 100 \quad (4)$$

Donde  $I_{3j}$  es el índice de irregularidad asociado a la irregularidad  $j$ . El máximo valor que puede adoptar  $I_3$  es 100. Si la edificación no presenta ninguna de las irregularidades indicadas en la Tabla 6 se le asigna  $I_3 = 0$ . Si la edificación es una vivienda popular y presenta dos o más pisos del tipo de mampostería no confinada (MMNC), se le asigna un valor  $I_3 = 100$  aun cuando no evidencie irregularidades aparentes mostradas en la Tabla 5.

En el tipo estructural denominado sistema con muros de concreto armado de poco espesor dispuestos en una sola dirección (MCA1D), encontrado en algunas construcciones del tipo túnel, se le debe asignar la irregularidad definida por la ausencia

de vigas altas en una o dos direcciones ( $j=1$  en la Tabla 5) que caracteriza estas edificaciones.

En la irregularidad  $j = 9$  se considera que una edificación está adosada a otra adyacente cuando la separación entre ellas es menor al valor  $S$  indicado en la Tabla 5 y Tabla 6.

Si ese es el caso, se deberá seleccionar una de las dos situaciones posibles denominadas (a) y (b), las cuales corresponden al caso de que las losas estén a la misma altura (contacto losa-losa) o al caso de que estén a diferentes alturas (contacto

losa-columna), respectivamente. En el caso de que existiese adosamiento en más de una fachada del edificio, se selecciona la más desfavorable.

Tabla 5. Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con irregularidades (I3)

J	Descripción de la irregularidad		I3j
1	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones		40
2	Ausencia de muros en una dirección como ocurre en algunos sistemas tipo túnel		80
3	Edificios de carácter frágil sin capacidad para disipar energía, como las edificaciones de adobe o de paredes de bloque que no posee refuerzo metálico interior ni elementos de confinamiento (columnas, vigas de corona)		100
4	Presencia de al menos un entrepiso blando o débil		50
5	Presencia de columnas cortas		30
6	Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes		30
7	Aberturas significativas en losas		10
8	Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta o esquemas de elevación del tipo L(1)		20
9	Adosamiento a edificio adyacente:	(a) Losa contra losa	10
		(b) Losa contra columna	20

10	Planta de forma I, H, T, U, C o similar, sin presencia de juntas, o esbeltez excesiva horizontal	10
11	Masas que crecen significativamente con la elevación (Tipo T o pirámide invertida) o esbeltez excesiva vertical	10

Fuente: FUNVISIS 2002.

(1) Entran dentro de esta irregularidad las construcciones en pendiente con semisótanos, en donde una

Losa esta confinada por el terreno por un lado pero libre por el otro.

Tabla 6. Separación entre edificaciones.

Número de Pisos	Separación con la edificación vecinas (cm)
1 – 2	14
3 – 5	30
6 – 10	70
11 – 15	100
>15	140

Fuente: FUNVISIS 2002.

#### Ü Índice De Vulnerabilidad asociado a la profundidad del depósito (I4)

El índice (I4) permite tomar en cuenta el aumento en la vulnerabilidad de una edificación alta que esté fundada sobre sedimentos de gran profundidad, el cual conlleva a generar respuestas sísmicas desfavorables en las estructuras.

Las situaciones de aplicación del índice I4 se presentan en la Tabla 7 y han sido definidas tomando en consideración resultados del estudio de microzonificación sísmica de Caracas (FUNVISIS, 2009; Hernández, 2009). En ausencia de información sobre la profundidad del depósito de sedimentos, se puede adoptar de manera aproximada que estas situaciones se corresponden con los perfiles de suelo clasificados como S3 en la Norma Sismorresistente (COVENIN, 2001).

Tabla 7. Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con la profundidad del depósito (I4)

Situaciones de aplicación	I4
Edificios con un número de pisos mayor que 6 pisos y localizados en depósitos de sedimentos de profundidad mayor a 120 metros	100
Otros casos	0

Fuente: FUNVISIS, 2002.

En el Estado Carabobo, según estudios realizados en el área metropolitana de valencia, específicamente en el Rectorado de la Universidad de Carabobo, luego de hacer perforaciones se encontraron depósitos de sedimentos de profundidad mayor a 120 metros y a 240 metros no se logró encontrar superficie de roca, del Informe Final Técnico del estudio de microzonificación sísmica de Carabobo (Pombo, 2016 por publicar).

#### Ü Índice De Vulnerabilidad asociado a la topografía y drenaje (I5)

El índice (I5) atiende a identificar situaciones de Vulnerabilidad asociadas con construcciones hechas en laderas o cerca de estas, debido a una potencial falla de estabildades de taludes no protegidos por obras de contención. En la Tabla 8 se presentan los valores de I5 cuya selección depende de los valores de inclinación de la Ladera, de la altura H y de la distancia D que se definen en la Figura 1. El máximo valor del Índice I5 es 100.

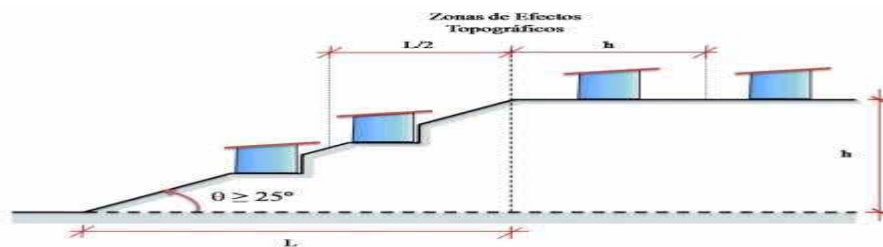


Figura 1: Zonas donde se consideran los efectos topográficos.

Fuente: FUNVISIS, 2002.

Tabla 8: Índice de Vulnerabilidad asociado con la topografía y a los drenajes (I5).

		Características	I5
Localización de la Construcción	Construcción sobre Planicie		0
	de ángulo $\alpha$ dada por:	Entre $20^\circ$ y $45^\circ$	50
			80
	Construcción sobre la cima o en la base de la ladera de una distancia D:	Menor o Igual a H	80
		Mayor a H	0
Existencia de Drenajes		Si	0
		No	20

Fuente: FUNVISIS, 2002.

Ü **Índice De Vulnerabilidad asociado a estado de mantenimiento o deterioro (estructura, paredes y otros) (I6)**

En la Tabla 9 se asignan valores a diferentes edificaciones, penalizando con los mayores valores a la existencia de corrosión del acero y al agrietamiento estructural, a efectos de calificar este grado de deterioro de la estructura se seleccionara un único valor entre las opciones (a) o (b). En caso de una edificación mixta que tuviera estructuras de concreto y acero, se seleccionara el mayor valor entre la opción (a) y (b).

Tabla 9. Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I6)

Componentes	Grado de Deterioro	I6	
Estructura	(a) Estructura de concreto: Agrietamiento en elementos estructurales de concreto armado y/o corrosión en acero de refuerzo	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
	(b) Estructura de acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo de elementos	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
Paredes	Arietamiento en paredes de relleno	Severo	20
		Moderado	10
		Ninguno	0
Todos	Estado general de mantenimiento	Bajo	10
		Regular	15
		Bueno	0

Fuente: FUNVISIS, 2002.

#### 2.2.7.4. Índice De Importancia (II).

Este tiene como finalidad incorporar dentro del proceso de priorización el uso de la construcción y el número de personas expuestas durante un terremoto. Se asignan índices mayores a aquellas construcciones esenciales, las cuales deben mantener su nivel de operación durante la ocurrencia de un sismo, como pueden ser los hospitales y centros de salud, escuelas que sirven de refugio temporal y otras. Por otro lado, se diferencia también entre edificaciones que aun teniendo el mismo uso y la misma vulnerabilidad estructural, pueden dar lugar a pérdidas distintas si difieren significativamente en el número de personas que las ocupan.

Con un enfoque similar, el uso de la construcción y el número de personas expuestas es tomado en cuenta en la definición de los niveles de amenaza sísmica exigidos en el diseño de estructuras en diversas normas tales como COVENIN 1756 (COVENIN 2001) y JA-221 (PDVSA 1998).

Las construcciones se clasifican según su uso en alguno de los tres grupos definidos en la cuadro 2. Los valores de índice de importancia se muestran en la Tabla 10 en función del uso del edificio y del número (N) de personas expuestas u ocupantes de la edificación a ser evaluada.

Cuadro 2. Clasificación según el uso del edificio.

<b>Grupo</b>	<b>Uso de Edificio</b>
<b>A1</b>	Hospitales y centros de salud, estaciones de bomberos y de protección Civil
<b>A2</b>	Cuarteles de policía, edificios de asiento del gobierno local, regional o nacional, edificios educacionales, construcciones patrimoniales de valor excepcional, centrales eléctricas, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones, plantas de bombeo, depósitos de materias tóxicas o explosivas y centros que utilicen materiales radioactivos, torres de control, centros de tráfico aéreo. Edificaciones que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas económicas. Edificios que contienen objetos de valor excepcional.
<b>A3</b>	Todas aquellas edificaciones no contenidas en los grupos A1 y A2 tales Como viviendas, edificios de apartamentos, de oficinas, comerciales.

Fuente: FUNVISIS, 2002.

Tabla 10. Valores del Índice de Importancia, (II).

<b>Uso del Edificio</b>	<b>N &lt; 10</b>	<b>10 &lt; N &lt; 100</b>	<b>100 &lt; N &lt; 500</b>	<b>500 &lt; N</b>	<b>N&gt;1000</b>
<b>A1</b>	0.90	0.92	0.95	0.97	1
<b>A2</b>	0.85	0.87	0.90	0.93	0.95
<b>A3</b>	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90

Fuente: FUNVISIS, 2002.

### 2.2.8 Valoración De Los Índices De Vulnerabilidad, Riesgo Y Priorización.

En las Tablas 11, 12 y 13 se definen rangos y se califican los mismos para valores de los índices de vulnerabilidad, riesgo y priorización. El origen y justificación de estos rangos se puede consultar en (López et. al. 2014).

Tabla 11. Valoración del Índice de Vulnerabilidad, Iv.

<b>Iv</b> <b>Rango de Valores</b>	<b>Calificación de la</b> <b>Vulnerabilidad</b>
	Muy Elevada
	Elevada
	Media Alta
	Media Baja
10	Baja
	Muy Baja

Fuente: FUNVISIS 2002.

Tabla 12. Valoración del Índice de Riesgo, IR.

	<b>IR</b> <b>Rango de Valores</b>
Calificación del Riesgo	
Muy Elevado	
Elevado	
Alto	
Medio Alto	
Medio Bajo	
Bajo	
Muy Bajo	

Fuente: FUNVISIS 2002.

Tabla 13. Valoración del Índice de Priorización, IP.

Calificación de la Priorización	IP Rango de Valores
(Prioridad máxima) P1	
P2	
P3	50
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	
P11	
(Prioridad mínima) P12	

Fuente: FUNVISIS 2002.

En la norma venezolana COVENIN 1756:2001-1 para edificaciones Sismorresistente nos presenta un mapa de zonificación sísmica en la cual nos indica que para el Estado Aragua, específicamente la zona de estudio como lo es el Municipio los Mario Briceño Iragorry, se encuentra en una zona sísmica 5, la cual pertenece a peligro sísmico elevado y un coeficiente de aceleración horizontal de 0.30.

### **2.2.9 Riesgo**

El riesgo ha sido definido por diferentes expertos y desde percepciones distintas; para Zango (2011) riesgo se puede entender como “un peligro que puede acontecer con una cierta probabilidad en el futuro y del que no comprendemos totalmente sus causas o éstas no se pueden controlar de forma absoluta” (p.67), es decir, que los acontecimientos de riesgo pueden surgir de una forma sorpresiva sin tener una manera evitarlos.

Mientras que, Mansilla (2000) citado por Motezuma (2001), define el riesgo de desastre como “la probabilidad de que se manifieste una amenaza determinada sobre un sistema con un grado de vulnerabilidad dado, descontando de ello las acciones de prevención mitigación que se hayan implementado (p.54)

También, para Chardon y González (2002)

El concepto de riesgo corresponde a un valor relativo probable de pérdidas de toda índole en un sitio específico vulnerable a una amenaza particular, en el momento del impacto de ésta y durante todo el período de recuperación y reconstrucción que le sigue. (p.22).

Adicionalmente, Hernández, (2002) destacan como riesgos geológicos “los asociados a fallas tectónicas o sismos, definiéndose el riesgo sísmico como las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto” (p.69).

Sin embargo, la forma en la que se enfrenta el riesgo sísmico es variable y ha evolucionado en el tiempo, las nuevas tecnologías y el acceso más generalizado a las geociencias ha dado lugar a un flujo de información impensable hace unas décadas. Pero al igual que en otras amenazas naturales, suelen ser los desastres provocados por sismos muy graves, los que hacen avanzar las políticas de gestión.

Además, el Riesgo (R) se puede entender como la cuantificación de las consecuencias causadas por la ocurrencia de un evento (amenaza) sobre un elemento vulnerable expuesto ella, además este representa el producto de la amenaza y la vulnerabilidad.

Para Duque G, (2016) Los riesgos asociados a los movimientos de masas pueden denominarse:

- **Riesgos evitables**, según su origen sea evitable o sus consecuencias anulables.
- **Riesgos controlables**, según se trate de un evento predecible o un evento cuyos efectos sean atenuables. –
- **Riesgo incontrolable**, cuando no se puede predecir o evaluar completamente el riesgo, ni existen soluciones al alcance de la tecnología.

- **Riesgos aceptables**, cuando se marca una diferencia entre el mayor nivel de riesgo y la máxima previsión.

Las medidas aplicables pueden ser:

- Sistemas de observación y alarmas.
- Reducción de la exposición.
- Reducción de la amenaza.
- Incremento de la resistencia.
- Jerarquización de prioridades.
- Jerarquización de estudios.

#### Ü **Nivel de riesgo.**

De otro lado, se pueden relacionar la probabilidad de falla de una estructura afectada por un evento de magnitud dada y la probabilidad de ocurrencia de dicho evento. Los eventos de gran magnitud son poco probables por lo que su probabilidad de ocurrencia es una función inversamente proporcional. De otro lado, la probabilidad de daño por un evento aumenta con su magnitud por lo que la función de probabilidad resulta en éste caso directamente proporcional. Como la ocurrencia del evento y del daño, son simultáneos, las probabilidades han de multiplicarse entre sí. El nivel de riesgo es máximo para una magnitud intermedia, y ese define la amenaza con la cual se deben diseñar los planes de mitigación del riesgo. (p.382)

#### **2.2.10 Peligro**

Factor extremo del riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinada.

#### **2.2.11 Riesgo sísmico.**

En el riesgo sísmico influyen la probabilidad de que se produzca un evento sísmico o terremoto, los posibles efectos locales de amplificación de las onda sísmicas, directividad, etc., la vulnerabilidad de las construcciones y la existencia de habitantes y bienes que puedan ser perjudicados.

### 2.2.12 Amenaza sísmica

Es un término técnico mediante el cual se caracteriza numéricamente la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica o (aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un periodo de tiempo. El estudio de las amenazas sísmicas tiene como objetivo estimar el movimiento del terreno en un lugar determinado, o proporcionar una evaluación del tamaño del sismo en la zona de estudio.

- Medida de la sismicidad en sitio.
- A mayor peligro, mayor intensidad.
- Depende de: la localización y las condiciones locales.
  1. Se identifican zonas sismo génicas según la información del catálogo sísmico (listado de sismos históricos.).
  2. A cada zona sismo génica se le asigna una ley de recurrencia
  3. Según Gutenberg:

$$\text{Log } N = a - b M$$

N = números de sismos mayor que M

a = mide la debilidad de la corteza

b = mide la importancia de los sismos fuertes

La amenaza sísmica generalmente se representa mediante mapas con curvas de isoaceleración para diferentes períodos de retornos y mediante espectros de pseudovelocity del suelo, mostrando su comportamiento en función de las fuentes sísmicas. Los resultados de estos estudios se utilizan en el diseño de obras civiles, puesto que permiten estimar las fuerzas probables a las que se someterá una estructura en un determinado lugar, en caso de un evento sísmico.

### 2.2.13 Sismos

Según Magallón y Segura (2012) un sismo es un fenómeno vibrátil que se puede transmitir a través de un movimiento ondulatorio, liberando energía debido al desplazamiento de las placas tectónicas, erupción volcánica, por ruptura de la corteza

terrestre o por otras causas; mientras que el terremoto es aquel que tiene una intensidad superior a 6 grados en la escala de Richter” (p.14)

Atendiendo la correlación entre la vulnerabilidad y el riesgo ante un sismo es muy conveniente hacer una definición del término sismo, y para Córdova y Bravo (2015) un sismo:

Es un temblor, sacudida o movimientos bruscos de la tierra, generalmente producidos por choques de las placas tectónicas ocasionado por fuerzas que tienen su origen en el interior de la Tierra. Esto ocurre porque hay una liberación de energía acumulada mientras los materiales de la corteza terrestre se reorganizan para volver a alcanzar el equilibrio mecánico, esta energía se transmite en forma de ondas elásticas, causando vibraciones y oscilaciones a su paso a través de las rocas sólidas del manto y la litosfera hasta 'arribar' a la superficie terrestre. (p.14)

No obstante, los expertos en la materia tienen claro que un sismo se puede producir como consecuencia de una serie de importantes cambios en lo que es el régimen fluvial de una zona o bien de los que se producen en lo referente a las presiones atmosféricas.

Entre las principales consecuencias que pueden traer consigo un terremoto se encuentran las rupturas del suelo, incendios de diversas gravedades, maremotos o tsunamis y deslizamientos de tierra de muy diversa envergadura

Existen zonas que tienen una mayor tendencia a sufrir sismos. Se trata de aquellas regiones donde la concentración de fuerzas generada por los límites de las placas tectónicas hace que los movimientos de reajustes sean más frecuentes, tanto en el interior de la corteza terrestre como en la superficie de la tierra.

La escala de sismológica de Richter, bautizada en homenaje al estadounidense CHARLES RICHTER (1900-1985), es la escala logarítmica más habitual para cuantificar los efectos de un sismo.

#### **2.2.13.1 Clases de Sismos**

Para Duque (2015) Las clases de sismos en el planeta son los siguientes:

- **Los plutónicos.**

Son el 3% del total de sismos, con profundidad entre 300 km. y 900 km. con un máximo de 900; son los de más energía por la profundidad, aunque el efecto en superficie es tenue pero extenso; se sienten en una zona tan extensa como la comprendida entre Venezuela y Perú. Estos sismos se explican por cambios de fase de las rocas del manto (implosión) o por rupturas en el flujo plástico del manto (explosión). Para diferenciar ambos mecanismos focales nos basamos en la primera onda sísmica que llega a la estación de registro. –

- **Los interplaca.**

Son el 5% del total de los sismos y aparecen a una profundidad entre 70 y 300 km. Son típicos de zonas de subducción, los focos de ellos van delimitando el plano de Benioff. Son los segundos en energía, ya que a esta profundidad la Tierra no almacena tanta como en el caso anterior, pero dado su carácter más somero son destructivos; ejemplo Manizales 1979. El registro de estos sismos, en la superficie, muestra pocas frecuencias altas. Ello se explica por un filtraje de las capas recorridas, ejercido sobre el frente ondulatorio, que podríamos interpretar como un consumo de energía en el transporte de las ondas sísmicas. –

- **Los intraplaca.**

Son sismos de fallas, y representan el 85% de los sismos. Se dan en el interior de las placas tectónicas, cuando la energía se libera por sus zonas más débiles (fallas). Son los más destructivos aunque acumulan menos energía que los anteriores dado que se dan a menos de 70 Km. de profundidad, ejemplo Popayán 1983 y Quindío 1999. Se distinguen porque tienen múltiples premonitores y réplicas, ya que a esta profundidad las rocas, antes que plásticas son rígidas. Los premonitores son las rupturas que anteceden al paroxismo y las réplicas son las que lo suceden. Aunque tengan una magnitud inferior en un grado, su magnitud suele tener una intensidad de un grado más. Para estos sismos por fallas, el mecanismo focal sugiere el tipo de movimiento de la falla.

- **Los volcánicos.**

Son el 7% de los sismos y se presentan a menos de 20 Km. de profundidad. A diferencia de los otros la aureola de daños es de pocos Km. porque el foco es muy puntual y gran parte de la energía se libera en la atmósfera. Cuando las burbujas del magma alcanzan la zona rígida de la corteza y los volátiles disueltos cambian a la fase gaseosa, si la presión del fundido es suficiente, se provoca el emplazamiento del magma en regiones superiores y el escape de gases que deforman y fracturan la corteza. (P.344).

#### **2.2.14 Hipocentro o foco**

El punto en la superficie de la falla donde se origina la ruptura y da inicio a la liberación de energía mediante la propagación de ondas sísmicas. Su ubicación se define mediante las coordenadas de longitud, latitud y profundidad focal. El epicentro es el punto sobre la superficie terrestre ubicado directamente sobre el foco o hipocentro.

Las proyecciones del foco en la superficie se denominan EPICENTRO

- FOCO – HIPOCENTRO
- h – profundidad del foco
- E - Epicentro
- L – distancia hipocentro
- S – estación sísmica.
- - distancia epicentro

#### **2.2.15 Ondas sísmicas**

Durante un sismo, conforme avanza la ruptura en el plano de falla, la energía liberada se propaga en forma de ondas que se irradian desde el foco, hasta alcanzar la superficie donde la propagación continúa.

##### **2.2.15.1 Tipos de ondas sísmicas**

Ondas de cuerpos solidos o esféricos.

P: primarias (longitudinales, volumétricas, compresiones)

S: secundarias (transversales, distorsiónales, cortantes)

Ondas de superficie: Rayleigh y love.

La ingeniería Sismorresistente busca, entre otras cosas, evaluar la influencia de las condiciones locales de las formaciones naturales en el riesgo sísmico, que no se presente resonancia, es decir, que la frecuencia natural de oscilación de la estructura quede desfasada de las frecuencias dominantes de los diferentes sismos, que se generen desde las fuentes sísmicas locales.

### 2.2.16 Magnitud de un sismo

- Concepto creado por Richter en 1935, para sismos
- Cuantifica los sismos de forma absoluta.
- Se define:  $ML = \log A$  es la máxima amplitud de micras (milésimas de mm) registrada en un sismómetro Wood-Amp=2800) a 100km del epicentro
- Se requieren correcciones por distancias al epicentro, profundidad y mecanismo focal, tipo de instrumento
- En la definición no se distingue entre ondas P, S o L, R.
- Es habitual medir las ondas de cuerpo, cuyo caso se obtiene la magnitud  $M_b$
- Para sismos con distancia epicentro importante se determina la magnitud de ondas superficiales con periodos del orden e 20s,  $M_s$
- Correlación empírica para Sudamérica (Sarria):  $M_s = 2.18m_b - 6.44$
- $M_s$  es mejor que  $M_L$  como medida del poder destructivo de un sismo.

La Magnitud mide la energía transmitida por las ondas sísmicas en sus diferentes escalas, se mide relacionada directa o indirectamente con las amplitudes de las fases registradas.

- **Magnitud Local (ML).** Registro de un terremoto o una distancia menor a 500 Km.
- **Magnitud de ondas superficiales (Ms).** Magnitud válida para terremotos con foco superficial en donde la amplitud máxima debe ser medida

en el modo fundamental de la onda Rayleigh (R) con periodo (T) entre 18 – 22 segundos.

- **Magnitud de ondas de Volumen (mb).** Magnitud calculada a partir de la relación (A/T) de la componente vertical para la onda P. la relación que permite calcular mb es conocida como la fórmula de Gutenberg y Richter (1956).

- **Magnitud de Duración (MD).** Magnitud válida para sismo de magnitud menor a 5 ocurridos a distancias menores a 200 Km. Esta magnitud se basa en medir la duración de la señal del registro del terremoto (t) después del arribo de la onda P hasta cuando la amplitud de la señal se confunde con el ruido de fondo.

- **Energía liberada del sismo.** Es la suma de la energía disipada en forma térmica por la deformación en la zona de ruptura y la energía emitida como ondas sísmicas, la única que puede ser estimada partir de los sismógrafos.

- › Gutenberg y Richter, 1956
- ›  $\text{Log } E = 11.8 + 1.5 M_s$  (ergios)
- ›  $\text{Log } E = 4.8 + 1.5 M_s$  (Julios), 1 julio =  $10^7$  ergios

#### **Formas de liberación de la energía durante un sismo**

- Ruptura de rocas
- Fricción: calor
- Energía cinética
- Energía potencial

Energía de disipación por vibraciones (aproximadamente el 5% del total de energía)

#### **2.2.17 Momento Sísmico**

El momento sísmico nos permite conocer la orientación de la falla, la dirección del movimiento y el tamaño del terremoto. Para calcularlo no es necesario conocer la geometría de la falla (formas y direcciones del movimiento de las ondas, azimutes desde el foco) y la amplitud de las ondas.

El momento sísmico según relación de Aki (1966). Parámetros de la falla

$M_0 = \mu \cdot S \cdot D$                        $\mu$ , es el módulo de rigidez

$S$ , el área de la falla

$D$ , el desplazamiento medio sobre el plano de la falla

Es la medida más

consiste del tamaño de un terremoto y hoy en día es el parámetro más importante.

Dando lugar a la dirección de una nueva escala: Magnitud energía (Kanamori y Hanks, 1977).

$M_w = (2/3) \text{Log } M_0 - 6$                       Donde  $M_0$  es expresado en Nm.

### **2.2.18 Intensidad**

Es la valoración empírica del sacudimiento del suelo de acuerdo a los efectos que se produce durante un sismo considerando:

- La manera como las personas perciben el sismo
- Los daños que causan en las edificaciones (efectos sobre las construcciones)
- Por los efectos que causan en la naturaleza (alteraciones del entorno)

Los grados de intensidad se clasifican.

- Grados bajos (I a V), efectos en el hombre y su entorno
- Grados intermedios (VI a IX), efectos en las edificaciones
- Grados altos (X a XII), efectos en la naturaleza

Los daños en las construcciones depende de la magnitud del sismo, condiciones locales “del sitio” del suelo, topográficas y geológicas, practicas constructivas, tiempo de construcción.

No puede establecerse la relación única entre la intensidad y la magnitud, ni entre la intensidad y la aceleración máxima del terreno

En un mapa, las líneas de igual intensidad se llaman ISOSISTAS

### 2.2.18.1 Escala de Intensidad

- Rossi, Italia (1874-78)
- Forel, Suiza (1881)
- Rossi-Forel (1883): X grados
- Mercali, Italia (1902)
- Mercali, Cancani, Sieberg (1902-1904)
- Revisión de Wood y Newmann (1931): escala Mercali Modificada (MM), XII grados
  - Agencia Meteorológica Japonesa (JMA), 7 grado
  - Medvedev, Sponheuer y Karnik (1964): MSK, XII grados
  - Revision de Richter (1956): MM-56, XII grados

### 2.2.18.2 Escala sismológica

#### Ü Mercalli

La escala sismológica de Mercalli es una escala de doce grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras. Así, la intensidad de un terremoto no está totalmente determinada por su magnitud, sino que se basa en sus consecuencias, empíricamente observadas. Debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli.

La escala de Mercalli se basó en la simple escala de diez grados formulada por Michele Stefano Conte de Rossi y François-Alphonse Forel. La escala de Rossi-Forel era una de las primeras escalas sísmicas para medir la intensidad de eventos sísmicos. Fue revisada por el vulcanólogo italiano Giuseppe Mercalli en 1884 y 1906.

En 1902, el físico italiano Adolfo Cancani amplió la escala de Mercalli de diez a doce grados. Más tarde la escala fue completamente reformulada por el geofísico alemán August Heinrich Sieberg y se conocía como la escala de Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS). La escala de Mercalli-Cancani-Sieberg fue posteriormente modificada por Harry O. Wood y Frank Neumann en 1931 como la escala de Mercalli-Wood-Neumann (MWN). Finalmente fue mejorada por Charles Richter, también conocido

como el autor de otra escala sismológica, la escala de Richter, que mide la magnitud de la energía liberada durante un sismo.

En la actualidad, la escala se conoce como la escala de Mercalli modificada (MM).

#### Ü **Escala de Mercalli Modificada**

Los niveles bajos de la escala están asociados por la forma en que las personas sienten el temblor, mientras que los grados más altos se relacionan con el daño estructural observado. En el Cuadro 3 es una guía aproximada de los grados de la escala de Mercalli modificada.

Cuadro 3. Escala de Mercalli Modificada

Grado	Descripción
I - Muy débil.	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0,5 Gal.
II - Débil.	Perceptible solo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0,5 y 2,5 Gal.
III - Leve.	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2,5 y 6,0 Gal.
IV - Moderado.	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación

	semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6,0 y 10 Gal.
V - Poco fuerte.	Sacudida sentida casi por todo el país o zona y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
VI - Fuerte.	Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
VII - Muy fuerte.	Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. <u>Mampostería</u> dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
VIII - Destructivo.	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Daño severo en estructuras pobremente construidas. <u>Mampostería</u> seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
IX - Muy destructivo.	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.

<b>X</b> - Desastroso.	<p>Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de <u>mampostería</u> y el marco destruido con sus bases. Vías ferroviarias dobladas. Aceleración entre 250 y 500 Gal.</p>
<b>XI</b> - Muy desastroso.	<p>Pocas estructuras de <u>mampostería</u>, si las hubiera, permanecen en pie. Puentes destruidos. Vías ferroviarias curvadas en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.</p>
<b>XII</b> - Catastrófico.	<p>Destrucción total con pocos <u>supervivientes</u>. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie.</p>

Fuente: Wikipedia

#### Ü **Escala Medvédev-Sponheuer-Kárník**

La escala Medvédev-Sponheuer-Kárník, también conocida como escala MSK o MSK-64, es una escala de intensidad macrosísmica usada para evaluar la fuerza de los movimientos de tierra basándose en los efectos destructivos en las construcciones humanas y en el cambio de aspecto del terreno, así como en el grado de afectación entre la población. Tiene doce grados de intensidad, siendo el más bajo el número uno, y expresados en números romanos para evitar el uso de decimales.

Fue propuesta en 1964 por Serguéi Medvédev (Antigua URSS), Wilhelm Sponheuer (Antigua Alemania del Este, RDA) y Vít Kárník (Antigua Checoslovaquia). Está basada en los datos disponibles a principios de los años sesenta obtenidos mediante la aplicación de la escala Mercalli Modificada y también mediante la aplicación de la versión de 1953 de la escala de Medvédev conocida como la escala de intensidad sísmica de GEOFIAN.

La escala MSK pasó a ser muy utilizada en Europa y en la URSS con pequeñas modificaciones en la década de los setenta y a principios de los ochenta. Al inicio de la década de los noventa, la Comisión Sismológica Europea usó muchos de los principios postulados en la escala MSK para desarrollar la Escala macrosísmica europea (EMS-

98), que es utilizada como estándar para la medición de la actividad sísmica y de su intensidad en los países europeos. La escala MSK-64 se usa aún en India, Israel, Rusia y en la Commonwealth.

La escala MSK es parecida a la escala Mercalli Modificada, que se utiliza en Estados Unidos. En el Cuadro 4 es una guía aproximada de la escala MSK.

Cuadro 4. Escala MSK

Grado	Descripción
I - no perceptible	Registrado por los sismógrafos más sensibles, no afecta ni a objetos ni edificios ni estructuras
II – Difícilmente perceptible	Las estructuras y objetos no lo notan, pero si se pueden notarlas las personas en reposo.
III – Débil	Los edificios no sufren daños, aunque algunos objetos colgantes pueden balancearse ligeramente. Puede ser notado por unos pocos dentro de casa. Vibraciones comparable a las provocadas por un camión pequeño
IV – Bastante Notado	Dentro de los edificios es notado por muchos. Algunas personas dormidas se despiertan. Cristales, porcelana, ventanas y puertas tiemblan y hacen pequeños golpeteos. Algunos pocos muebles que no pesen pueden vibrar visiblemente. Vibraciones moderadas, comparadas a las provocadas por un camión grande.
V – Algo fuerte.	La mayoría de las personas dentro de edificios lo nota, pero sólo unos pocos al aire libre, donde corren algunos pocos, asustados. Los observadores notan el balanceo del edificio, de los muebles o el temblor de las paredes. Los objetos colgantes se balancean muy notablemente. La porcelana y los vasos chocan entre sí y hacen bastante ruido. Muchas personas que duermen despiertan.

	<p>Las ventanas y las puertas empiezan a abrirse y cerrarse. En algunos casos, incluso algunas ventanas pueden llegar a romperse. Los líquidos se desplazan y se pueden salir de recipientes llenos. Los animales en casas pueden empezar a sentirse intranquilos. Algunos edificios mal contruidos sufren ligeros daños.</p>
<p>VI - Fuerte.</p>	<p>La gran mayoría lo siente dentro de edificios y ya son muchos los que lo sienten fuera. Unas pocas personas pierden el equilibrio. Mucha gente corre asustada hacia la calle. Pueden caerse pequeños objetos y los muebles sufren un leve desplazamiento. Vajillas y cristalerías pueden romperse. Puede que animales de granja se sientan inquietos. Daño visible en obras de trabajos de mampostería, como grietas en la escayola. También hay grietas solitarias en el suelo.</p>
<p>VII - Muy fuerte.</p>	<p>La mayoría de la gente está asustada e intenta correr hacia la calle. Los muebles se desplazan y pueden llegar a volcarse. Los objetos en las estanterías caen. El agua salpica en los recipientes. Daño grave a edificios viejos. Las chimeneas de mampostería se desploman. Aparecen grietas en los edificios. Se producen pequeños corrimientos de tierra</p>
<p>VIII - Bastante Dañino</p>	<p>A muchas personas les es difícil mantener el equilibrio, incluso al aire libre. Los muebles corren riesgo de volcarse. Se agravan las grietas, los edificios más antiguos se derrumban parcialmente o sufren grandes daños. Se pueden apreciar ondas en suelos muy blandos. Se pueden producir corrimientos de tierra y desprendimiento de rocas.</p>

<b>IX</b> - Destructivo.	Pánico general. Mucha gente cae a la fuerza al suelo. Se ven ondas en suelos no tan blandos. Se desploman las estructuras no muy bien construidas. Daño considerable a estructuras bien construidas. Se rompen las canalizaciones subterráneas. Grietas en el suelo y corrimientos de tierra generalizados.
<b>X</b> - Devastador	Se destruyen puentes y diques y se tuercen las vías de ferrocarril, así que las infraestructuras quedan inutilizadas. Desprendimientos de tierra más que generalizados y más graves.
<b>XI</b> - Catastrófico	La mayoría de las construcciones son destruidas. Las perturbaciones del terreno se extienden por todos lados. Riesgo de tsunamis
<b>XII</b> - Catastrófico.	Todas las construcciones, subterráneas o no, han sido destruidas. El suelo se mueve como olas del mar. El terreno y el paisaje han cambiado, así como el cauce de los ríos. Tsunamis.

Fuente: Wikipedia.

## **2.2.19 Manifestaciones de los sismos (Bertero 2000)**

### **2.2.19.1 Efectos Directos**

1. Fallas en el terreno:
  - Rupturas de las fallas (Superficiales)
  - Vibración del suelo (efecto de las ondas sísmicas)
    1. Agrietamiento del suelo
    2. Licuación
    3. Sacudida brusca del suelo
    4. Asentamiento diferencial
    5. Escurrimiento lateral (lateral spreading)
    6. Deslizamientos
  - Vibraciones transmitidas del suelo a la estructura

### **2.2.19.2 Efectos Indirectos**

1. Tsunamis
2. Cambios en el nivel del agua de los lagos (seiches)
3. Deslizamientos
4. Inundaciones
5. Incendios

### **2.2.19.3 Principio del diseño por desempeño.**

Durante su vida útil la construcción experimentarán:

- Muchos sismo leves
- Varios sismos de intensidad moderada y regular duración
- Uno o más terremotos de gran intensidad y larga duración
- Comportamiento esperado
- Completamente operativo. sin daños
- Se admiten daños no estructurales
- Se admiten daños estructurales pero sin colapso
- Se permitirá el comportamiento inelástico y la fluencia de los elementos que constituyen la estructura

### **2.2.20 Red sismológica de Venezuela**

Desde el año 1982, FUNVISIS ha sido el ente encargado de la instalación y mantenimiento de la Red Sismológica Nacional. En un principio se contaba con el apoyo de sólo 10 estaciones sismológicas de corto período cuya función era dar cobertura a todos los eventos sismológicos localizados en la Zona Central de Venezuela. Posteriormente al terremoto de Cariaco en 1997, el gobierno nacional aprobó el proyecto de modernización de la red sismológica con la puerta en marcha de 35 estaciones banda ancha de tres componente (Vertical, Norte-Sur y Este-Oeste) cuya función sería dar una buena cobertura de la actividad sísmica en todo el territorio nacional. En el año 2000 comenzó el proyecto de búsqueda e instalación de las nuevas estaciones y actualmente la misma se encuentra totalmente operativa. La transmisión

de los datos registrados por las estaciones a la central en Caracas se realiza en tiempo real vía satélite.

La nueva y moderna Red Sismológica Nacional ha brindado un valioso aporte en la ubicación y caracterización de la actividad sismológica del país desde su instalación en el año 2000. Una consecuencia importante del registro continuo de la sismicidad en todo el territorio nacional (y en algunos casos de la actividad desarrollada en países vecinos como Colombia y Trinidad) ha sido la conformación y constante actualización de un catálogo sismológico de gran precisión y completitud, debido a una mejora en la localización de los sismos y a que actualmente es posible detectar eventos de magnitudes más pequeñas (inferiores a 3.0). Es importante destacar que dicha actividad es publicada trimestralmente a través del Boletín Sismológico Nacional. Así mismo, toda la sismicidad reciente se publica en la página web de FUNVISIS.

La conformación de un catálogo sismológico completo ha permitido a su vez investigaciones importantes en el área de la sismología, la geología y la ingeniería sísmica. La evaluación de la actividad sismológica reciente e histórica y la caracterización y ubicación de las fallas geológicas activas han permitido la estimación de las zonas de mayor o menor amenaza en Venezuela, a través de la elaboración de mapas de Zonificación Sísmica.

El Mapa de Zonificación Sísmica (Norma COVENIN 1756-98, 2001) está presentado en función del coeficiente de aceleración horizontal ( $A_0$ ) en roca. Puede interpretarse de dicho resultado que el norte de Venezuela presenta las zonas de mayor riesgo sísmico (siendo el estado Sucre el catalogado como de mayor riesgo).

Una consecuencia importante del mapa de Zonificación Sísmica es la elaboración, en base a sus resultados, de Normas de Construcción Sismorresistentes (2001) adecuadas a la realidad sísmica de Venezuela. La resistencia sísmica de una estructura desarrollada por los ingenieros siguen las instrucciones de la norma de acuerdo al grado de amenaza de la región. Idealmente, todas las estructuras construidas en nuestro país deberían estar de acuerdo con dicha norma. La última actualización de la Norma

de Construcción Sismorresistente se llevó a cabo en el año 2001, tomando en cuenta los resultados aportados por el terremoto de Cariaco en 1997.

Por otro lado, la mejora en la localización de los sismos también ha permitido desarrollar estudios que permitan recalcular nuestras actuales ecuaciones de magnitud y modelos de velocidad de las ondas sísmicas (proyectos que se encuentran actualmente en progreso). Igualmente se espera poder realizar nuevos y mejorados modelos de tomografía sísmica en toda Venezuela, cuyo objetivo será el modelaje de la corteza terrestre y marina.

En Venezuela, el Mapa de Amenaza Sísmica se toma en cuenta para el diseño de edificaciones, mediante la aplicación de la norma Sismorresistente (COVENINMINDUR 1756-2001). En la que se establece una aceleración horizontal pico en roca para cada zona.

Actualmente, este mapa está conformado por 8 zonas: desde la Zona 0, donde no se requiere la consideración de las acciones sísmicas, hasta la Zona 7 donde el coeficiente de aceleración horizontal es igual a 0,40. Este mapa se ha elaborado para un período medio de retorno de 475 años, que corresponde a una probabilidad de excedencia de 10% para una vida útil de 50 años. FUNVISIS, 2002.

### **2.2.21 Sustento teórico de la investigación**

#### **Ü Teoría del Riesgo**

Para entender el Riesgo Sísmico y su aplicación a la ingeniería Sismorresistente, es imprescindible el entendimiento de la teoría del riesgo el cual implica a la comprensión de elementos conceptuales como el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo que finalmente puede ser proclive a la generación de los desastres.

#### **Ü Teoría del rebote elástico.**

Duque (2016) comenta que esta teoría da por hecho que: la corteza de la Tierra se acumula energía, gracias a procesos de deformación elástica. La figura 89 que ilustra el proceso de liberación de esa energía, muestra cómo se produce la ruptura de una capa de rocas, después de superar el límite elástico. Allí resulta un conjunto de bloques

desplazados a lo largo de las líneas de ruptura. La corteza terrestre está prácticamente, siempre y en todas partes, sometida a algún tipo de tensión. Las mayores concentraciones de tensiones se producen a lo largo de los límites entre las placas corticales, e incluso en su interior donde pueden producirse acumulaciones de tensiones que superen la competencia elástica de las rocas. La ruptura de las rocas debajo de los volcanes se produce debida a los movimientos de ascenso de magma y a la liberación explosiva de gases volcánicos. Siendo esto así, en todo momento existen en el mundo diversos sectores, grandes o pequeños, en que los esfuerzos elásticos acumulados en la corteza terrestre hacen que las rocas que allí se encuentran estén muy próximas a su punto de rotura probable.

#### Ü Teoría de las Tectónicas Placas

La Teoría de la Tectónica de Placas, también llamada de las Placas Litosféricas o Tectónicas y actualmente conocida como Tectónica Global, surge a finales de la década de los 60 (T. Wilson), como consecuencia de una serie de datos geofísicos y de teorías anteriores iniciada en 1912 con la Deriva Continental (Alfred Wegener) y culminadas a principios de los 60 con la Expansión de los fondos Oceánicos (H.H. Hess).

- Alfred Wegener, explica en su teoría de forma integrada el origen de los terremotos, la aparición de los volcanes, la formación de cadenas de montañas y otros fenómenos
- La litosfera es formada por una serie de placas que conforman la superficie terrestre. El espesor de estas placas es del orden de 70km (bajo océanos) y el doble (bajo los continentes).
- Las placas se desplazan sobre la astenósfera (zona parcialmente fundida, plastificada, de 700km de espesor), debido a corriente de convección

En la página web [www.osso.org.co](http://www.osso.org.co)(2003) las primeras explicaciones no míticas de filósofos ´ como Aristóteles y Seneca (300 A.C.) proponían el aire como el origen o fuente de los sismos. Estudios sobre cuerpos sometidos a esfuerzos realizados por

Galileo (1600) fueron un gran aporte para el entendimiento del problema. En 1660 Hooke planteo una relación entre tensión y deformación (Ley de Hooke). A principios de 1800 las leyes de conservación de energía y masa fueron combinadas para desarrollar las ecuaciones de movimiento de los sólidos: Navier y Cauchy entre 1821 y 1822 desarrollaron la teoría de la elasticidad, en 1830 Poisson dedujo la existencia de dos tipos de ondas que se propagan a través de los sólidos. En 1845 Stokes observo que la resistencia de un sólido ante la sollicitación puede dividirse en resistencia a la compresión y al esfuerzo cortante, dedujo los módulos de compresibilidad y rigidez en la resistencia de los materiales. Mallet en 1857, propuso un origen explosivo de los terremotos, a partir del cual desarrollo el concepto de foco puntual. En 1888 a partir del trabajo de Schmidt sobre la propagación de las ondas por el interior de la tierra, se dedujo que en general, la velocidad aumenta con la profundidad (trayectoria curva de las ondas). Poco después, Suess reemplazo el concepto de foco puntual por el de región focal, y se estableció una relación entre fenómenos sísmicos, la formación de montañas y el movimiento de las placas tectónicas (Shearer, 1999; Bolt, 1981). El primer modelo mecánico -parcialmente empírico, parcialmente intuitivo- para los sismos se conoce como Teoría de Rebote Elástico y fue planteado por H.F. Reid en 1910. Este modelo con algunas modificaciones, continua vigente y explica aproximadamente bien la ocurrencia de sismos de foco superficial.

#### **2.2.22 Operacionalización de las Variables.**

En toda investigación es importante plantear variables, ya que éstas permiten relacionar algunos conceptos y hacen referencia a las características que el investigador va a estudiar.

Un aspecto importante a considerar en algunas investigaciones es la conceptualización operacional de las variables en estudio, o como algunos autores llaman la **Operacionalización de las Variables** y la cual es definida por Arias (2006) como la definición conceptual y operacional de las variables de la hipótesis pasando de un nivel abstracto a un nivel concreto y específico a efectos de poder observarla, medirla o manipularla, con el propósito de contrastar la hipótesis.

En el cuadro 5 presenta de forma esquematizada la Operacionalización de las Variables de Estudio, sus Dimensiones e Indicadores.

**Cuadro 5: Determinación de Indicadores de Vulnerabilidad y riesgo sísmico de las Edificaciones Residenciales en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua**

Objetivo General: Determinación de Indicadores de Vulnerabilidad y riesgo sísmico de las Edificaciones Residenciales en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.			
Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Vulnerabilidad Sísmica	La vulnerabilidad sísmica de una estructura está estrechamente vinculada a los posibles daños inducidos como consecuencia de un movimiento sísmico que depende fundamentalmente de tres factores; la severidad del movimiento en el emplazamiento, las características de la estructura y su vulnerabilidad sísmica” Barbat (Barbat, 2003).	Antigüedad	Años de construcción
		Número de pisos	Cantidad de piso
		Número de ocupantes	Cantidad ocupantes
		Sistema estructural	Pórticos. Muros. Sistemas. Tipo de construcción.
		Uso de la edificación	Tipo de vivienda.
		Turno de Ocupación.	Horario.
		Configuración de Planta	Forma de construcción.
		Esquema de elevación	Forma por la elevación.-
Irregularidades en la edificación	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones. Ausencia de muros en una dirección. Estructura Frágil. Presencia de al menos un entrepiso débil o blando. Presencia de columnas cortas. Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes. Aberturas significativas en losas. Fuerte asimetrías de masas o rigidez en planta. Adosamiento: losa contra losa. Adosamiento: losa contra columna Separación entre edificios.		

<p>Amenaza Sismica</p>	<p>Término técnico mediante el cual se caracteriza numéricamente la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica o (aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un periodo de tiempo (FUNVISIS,2002)</p>	<p>Deterioro estructurales Y no estructurales</p> <p>Mantenimiento de la edificación</p> <p>Condición del terreno</p>	<p>Est. de concreto: Agrietamiento de elementos estructurales y/o corrosión en el acero de refuerzo.</p> <p>Est. De acero: corrosión en acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo.</p> <p>Agrietamiento en paredes de relleno.</p> <p>Estado general de la edificación</p> <p>Planicie → Pendiente del terreno</p> <p>Ladera → Localizada a mitad de la ladera</p> <p>Base } → Pendiente del Talud</p> <p>Cima } → Separación del talud</p> <p>Posee drenajes</p>
<p>Riesgo Sismico</p>	<p>Se destacan como riesgos geológicos “los asociados a fallas tectónicas o sismos, definiéndose el riesgo sísmico como las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto”. (Hernandez, 2002)</p>	<p>Pérdidas humanas.</p> <p>Pérdidas Materiales</p>	<p>Número de Habitantes,</p> <p>Cantidad de edificaciones</p>

Elaboración: Bru (2018).

### 2.3 Bases Legales

Las bases legales de una investigación la conforman las leyes, reglamentos y normas que están estrechamente relacionadas con el objetivo de la investigación. Al respecto, Palella y Martins (2004) las definen como “la normativa jurídica que sustentan el estudio, desde la Carta Magna, las Leyes Orgánicas, las resoluciones, decretos entre otros”. (p.60).

Para la actual investigación se tomaron como fundamentos legales, en primer lugar la Constitución De la República Bolivariana de Venezuela (2009) y el consejo superior de FONDONORMA, con la finalidad de darle soporte valido y legal a la presente investigación.

### **Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2009)**

Capitulo IX. De los derechos ambientales reza de la siguiente manera:

**Artículo 127.** Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica.

**Artículo 128.** El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento. (p.216)

El consejo superior de FONDONORMA, en su 7ma reunión del día 25 de Julio de 2001, Gaceta Oficial Nro. 36.635 aprobó la presente Norma elaborada por la Comisión Ad-Hoc designada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS, como la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, Partes 1 y 2, titulada Edificaciones Sismorresistentes, requisitos y comentarios.

#### **2.4 Definición de Términos**

**Amenaza, peligro o peligrosidad, H.** Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencial-mente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

**Elementos en riesgo, E.** Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta a una amenaza en un área determinada.

**Movimientos de diseño, Md.** Movimientos del terreno seleccionados en forma que tal que su probabilidad de excedencia sea suficientemente pequeña durante la vida útil de la edificación; están caracterizados por espectros de respuesta.

**Resistencia lateral de un entrepiso, Rl.** es la suma de las máximas fuerzas cortantes que puedan ser tramitadas por los miembros de ese entrepiso

**Riesgo específico, Rs.** Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

**Riesgo total, Rt.** Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, Rs, y los elementos en riesgo, E.

**Sistema resistente a sismos, Sr.** Parte del sistema estructural que se considera suministrada a la edificación la resistencia, rigidez y ductilidad necesarias para soportar las acciones sísmicas.

**Vulnerabilidad, V.** Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

La metodología de una investigación viene a ser todo un conjunto de procedimientos a seguir de manera ordenada para lograr los objetivos propuestos en dichos estudios. Al respecto Palella y Martins(2004), señalan que la metodología es una teoría de la investigación científica, “...es el estudio crítico del método” (p.73), como tal se entiende, una guía procedimental, producto de la reflexión que provee pautas lógicas generales pertinentes para desarrollar y coordinar operaciones destinadas a la consecución de objetivos intelectuales o materiales del modo más eficaz posible.

De igual manera, Tamayo y Tamayo (2004) establecen que “la metodología constituye la medula del plan; se refiere la descripción de las unidades de análisis o de investigación, las técnicas de observación y recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis” (p.175). De allí, que de la metodología elegida por el investigador facilita el descubrimiento de conocimientos seguros y confiables de la investigación.

#### **3.1 Tipo de investigación**

El presente trabajo se califica como investigación de campo. Los datos recolectados para el desarrollo de la misma son datos primarios, es decir, que estos no varían ni se manipulan si no que se toman directamente en el campo. Los cuáles serán obtenidos directamente del sitio en estudio, mediante memoria fotográfica, lista de chequeo visual y los planos estructurales.

Para Arias, (2012) “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, es decir el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.”

### **3.2 Tipo de Estudio.**

La presente investigación será enmarcada en el tipo de estudio descriptivo. Este radica en una descripción, registro, análisis e interpretación de algunas características fundamentales del problema a investigar, utilizando criterios sistemáticos para destacar los elementos esenciales de su naturaleza. Se describen los hechos como serán observados y no hay manipulación de variables. Es decir, que el nivel descriptivo de la investigación está reflejado en la descripción de los fenómenos que conforman el problema, se determina, predice e identifica las relaciones que existen entre las dos variables del estudio en referencia. Para Martins y Palella (2004) refieren que:

El propósito de este nivel es de interpretar realidades del hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual del problema planteado. El nivel descriptivo hace énfasis sobre conclusiones dominantes, o sobre como una persona, grupo o cosa, se conduce o funciona en el presente. (p.86).

De igual manera, Hernández Fernández y Batista (2010), la definen como: "el propósito de este tipo de investigación es describir situaciones y eventos como es y cómo se manifiesta determinado fenómeno, buscando especificar las propiedades importantes (p. 60).

### **3.3 Diseño de la Investigación.**

El diseño de la investigación se refiere a la estrategia que adopta la investigadora para responder a la problemática o sucesos estudiados. En este caso, el diseño adoptado fue el no experimental, dado que presenta los hechos observados en el contexto real para luego ser analizados. De esto, Palella y Martin (2004) afirman lo siguiente: "en el diseño no experimental no se construye una situación específica, sino que se observan las que existen, las variables independientes que han ocurrido y no pueden ser manipuladas lo que impide influir sobre ellas para modificarlas". (p.81).

### **3.4 Población y muestra**

Según Arias, F. (2012) "Una población puede estar referida a cualquier conjunto de elementos de los cuales se pretende indagar o conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación." (p.81)

La población en estudio son las edificaciones ubicadas en el municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.

Arias, F. (2012), define la muestra como: “Una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares del conjunto permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocidos”

En este estudio se tomará una muestra de edificaciones de uso residencial del municipio Mario Briceño Iragorry, Maracay Estado Aragua.

Para el cálculo de la Muestra se empleó la fórmula planteada por Palella y Martin (2004), para poblaciones que se consideran finita como mínimas para un proyecto factible y la cual se expone a continuación:

---

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población

e = Error de estimación

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Según Palella y Martins (2004), las técnicas “...son las distintas formas o maneras de obtener la información” (p.103). En esta investigación se utilizó la Entrevista Estructurada; que según el autor L. Morga. (2012) definen como “...Conjunto de procedimientos en el que el entrevistador utiliza preguntas dirigidas a un abordaje detallado, ajustado a ciertos objetivos preestablecidos que desea conocer o para los cuales el entrevistador solicita asistencia. La estructura de la entrevista estructurada o cerrada es dirigida, se fundamenta como método de preguntas directas.” (p.15).

Para la inspección de la edificación, la técnica de recolección de datos utilizada se basa en la observación directa. Arias (2012), indica que la observación directa consiste “En visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho,

fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación pre-establecidos”.

De esta manera, para la recolección de datos en el desarrollo de la investigación, se manejará principalmente la técnica de observación directa mediante el uso de planillas de inspección visual, las mismas fueron suministradas por FUNVISIS, en las cuales se obtendrán los datos que se consideren importantes con lo cual se elaborará un análisis Sismorresistente adecuado.

A través de la observación indirecta, se podrá hallar toda la información teórica, documentación, mapas cartográficos, demás investigaciones referentes al tema, y toda la información necesaria para complementar los datos recolectados mediante la observación directa.

### **3.6 Fases Metodológicas**

Para llevar a cabo la presente investigación es necesario organizar en forma secuencial o en fases las distintas actividades que requerían de su ejecución para lograr cumplir los objetivos planteados. Las mismas, se explican seguidamente para un mejor entendimiento del procedimiento empleado para el desarrollo de presente trabajo especial de grado. Dichas fases se describen a continuación:

**Fase I: Determinar mediante imágenes satelitales, zonas homogéneas donde predominen edificios, quintas y casas.**

Antes de identificar las estructuras a estudiar, primeramente, se procede a delimitar la zona de estudio en este caso es el municipio Mario Briceño Iragorry, la cual se realizó mediante la aplicación Google Earth. Luego de estudiar el mapa de la zona a evaluar se procedió a realizar una división de la zona de estudio, es decir, se sectorizará por urbanizaciones ya que de esta manera facilita el trabajo de recolección de datos y se obtiene una mejor organización de la información recaudada.

Debido a que la zona de estudio posee una gran cantidad de edificaciones, se analizaron estructuras de uso residencial.

Los criterios para la definición de las zonas serán:

En las zonas, debe predominar en un 90% el uso de las edificaciones residenciales.

Se delimitará la zona a través de calles, avenidas, cauces de ríos o quebradas, con la ayuda de aplicaciones o programas de imágenes satelitales, como Google Earth.

Por otra parte, definiremos el área de estudio en tres categorías de estudios establecidas por el INE como lo son:

1. Tipo de Área Urbanización: Está se asocia a zonas donde hay buena accesibilidad vial y servicios básicos.

2. Tipo de Área Casco Central: Aquellas son zonas premorientemente antiguas donde se ubica el centro histórico de la ciudad, municipio o localidad, caracterizada por tener un orden urbano con alta densidad y vialidad estrecha.

3. Tipo de Área Barrio: Está asociado a zonas no planificadas donde predominan la construcción popular o informal, principalmente en las periferias de las Ciudades (Zonas Urbanas) y en algunas zonas Rurales.

Se identificarán por el tipo de área, el tipo de edificación y el tipo de vivienda, por último será la densidad, en este orden se procederá a colocar la columna de identificación.

## **Fase II: Estimar la cantidad de edificaciones expuestas para realizar las inspecciones.**

Para seleccionar la edificación a ser estudiada, es necesario describir las principales características de la misma, tales como: tipo de sistema estructural, uso, ubicación, número de personas que ocupan el espacio, presencia de irregularidades, etc. Todos estos aspectos mencionados se encuentran descritos en la planilla de inspección visual anteriormente mencionada, realizada por FUNVISIS, la cual detalla de manera muy sencilla las principales características a ser tomadas en cuenta para la evaluación de la vulnerabilidad ante acciones sísmicas.

El número de edificaciones a inspeccionar va a depender del tamaño de la zona homogénea, mientras mayor sea el número de edificaciones dentro de esta, mayor será el número de elementos a someter al estudio. Además, para trabajar con el número de

inspecciones, se realizará un promedio ponderado de la vulnerabilidad y priorización de las viviendas inspeccionadas, esto aunado a la verificación en sitio a través de la inspección visual

Para determinar el número de inspecciones según el tamaño de las zonas homogéneas (llamando a ésta como una zona de inspección en donde se pueda apreciar el mismo esquema estructural para todas las viviendas que residen en ella) se tomara el siguiente criterio, si al momento de la inspección visual se detalla una zona completamente homogénea y uniforme se procede a realizar un máximo de 2 inspecciones, sin embargo si esta zona no es completamente homogénea (la mayoría de las viviendas inspeccionadas), se procede a inspeccionar un mínimo de 5 inspecciones por zona, ya que el tamaño de la zona y la cantidad de viviendas nos da un área muy amplia por recorrer y no se dispondrá del tiempo necesario para aumentar esta cifra, teniendo en cuenta que mientras mayor sea el número de inspecciones que se realicen, mayor será la información recabada en dicha zona.

**Fase III: Realizar inspecciones en sitio de las edificaciones en las zonas homogéneas seleccionada.**

El procedimiento para realizar las inspecciones en las edificaciones se acompañara con un instrumento de Inspección de Edificaciones FUNVISIS, 2014. Especialmente diseñado para la recolección de datos sobre las características sismorresistentes de una edificación, de un instructivo para su aplicación y de recomendaciones para la digitalización y procesamiento de la información. y la aplicación móvil APP para sistemas Android FUNVISIS, 2014, para teléfonos inteligentes o tabletas con versión HoneyComb 3.0 o superior. Cuya función al igual que el instrumento, permite el almacenamiento de datos, adicionalmente, nos proporciona las coordenadas UTM (REGVEN) de la edificación, y luego automáticamente genera un mapa enlazado con Google Earth donde nos permite ubicar manualmente la edificación y posteriormente, guarda su geolocalización espacial.

El uso del instrumento de inspección, permitirá recabar información necesaria para calcular los factores que inciden en el índice de vulnerabilidad, riesgo sísmico y priorización, basándose en las características Sismorresistentes de las edificaciones.

En el Anexo se muestran la Planilla de Inspección de Edificaciones de forma detallada.

**Fase IV: Indicadores de amenazas, vulnerabilidad, riesgos sísmicos y priorización de las edificaciones inspeccionadas en la zona seleccionada.**

El índice de priorización incorpora índices de amenaza, de vulnerabilidad y de importancia de la construcción. El procedimiento es especialmente útil para la evaluación del riesgo en construcciones más antiguas. Una vez determinados los índices de priorización de un número representativo de construcciones de una ciudad, se pueden seleccionar las más críticas y se procede a realizar un estudio más detallado por parte de un especialista para la reducción del riesgo sísmico.

A través de la metodología propuesta por FUNVISIS, se realizará una inspección de todos los puntos a tratar por dicha metodología y se determinará el índice de vulnerabilidad, índice de amenaza, índice de riesgo e índice de priorización de la edificación para ser comparada con otras que posean características similares.

**Ü Determinación del índice de Vulnerabilidad**

El índice de vulnerabilidad está asociado a varios factores como lo son: la antigüedad la edificación y norma utilizada, el tipo estructural, la irregularidad que posea la estructura, la profundidad del depósito, la topografía y el grado de deterioro.

El mismo se calcula con la siguiente ecuación:

$$Iv = \sum_1^6 \alpha_i . I_i$$

**Ü Determinación del índice de Amenaza**

Es necesario tomar en cuenta la zona sísmica de la zona de estudio de acuerdo a lo estipulado en la norma venezolana COVENIN 1756-2001. El municipio Mario Briceño Iragorri, por encontrarse en el estado Aragua es zona sísmica cinco (5) con un

valor de igual a 0.30. Debido a esto el valor del índice de amenaza será de 0.75 con efectos topográficos a 0,68 sin efectos topográficos en dicha zona.

#### **Ü Determinación del índice de Riesgo**

El índice de riesgo se determinará como la multiplicación del índice de amenaza por el índice de vulnerabilidad ( $IA \cdot IV$ ), los resultados del índice de riesgo, se clasificarán en rangos para su estudio.

Los cuales son los que se plantean a continuación: Bajo comprende el rango entre  $0 = IR < 15$ , tomándose que la vivienda no presenta riesgo de derrumbe al momento de un movimiento sísmico, para Medio se tiene el siguiente rango  $15 < IR = 25$  y para alto se tiene el rango  $25 < IR = 40$  donde se puede apreciar que dicho rango es muy corto ya que no se aprecian muchos factores que afectan el aumento de este valor los cuales pueden ser topografía y profundidad del depósito, de igual manera es un valor que se tiene que tomar con suma importancia ya que nos indica la peligrosidad sísmica que posee dicha vivienda.

#### **Ü Determinación del índice de Priorización**

Para la obtención del índice de priorización, es necesario obtener previamente los valores de los índices de amenaza, vulnerabilidad e importancia. Una vez obtenidos estos valores se deberá proceder a realizar el producto entre ellos, para conseguir de esta forma el valor del índice de priorización de cada edificación a evaluar. Los resultados del índice de priorización se clasificaran en rangos.

#### **Ü Determinación del índice de Importancia**

El índice de importancia se determinará tomando en cuenta tanto el uso de la edificación como el número de personas que se encuentran en ella. Se observa la clasificación de las diferentes edificaciones según su nivel de importancia agrupándolas dentro de los grupos: A1, A2 Y A3 según corresponda. El índice de amenaza se obtendrá al interceptar de la tabla el grupo al que pertenece la edificación y el intervalo correspondiente el número de personas que habitan la edificación.

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1. Presentación y discusión de resultados**

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos de la investigación realizada en el municipio Mario Briceño Iragorry.

Se hizo una base de datos a través de entrevistas estructuradas e inspecciones en el cual se aplica una lista de chequeos como instrumento (ver Anexo A) suministrada por el departamento de FUNVISIS, en la cual se consigue visualizar las características para cada uno de los edificios que se tomaron en cuenta dentro del área en estudio, es decir, las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry

#### **4.2. Sectorización de las zonas homogéneas en el municipio Mario Briceño Iragorry.**

Luego de delimitar cada zona homogénea se pudo identificar en el municipio una cantidad de 150 zonas (ver Apéndice A.1), en las cuales se hizo inspecciones a edificaciones en cada zona. En donde se encontraron edificaciones de uso unifamiliar, multifamiliar y popular. Con dicha delimitación, se pudo visualizar e identificar cada zona con mayor facilidad para realizar las inspecciones correspondientes.

Para la estimación de edificaciones existente se empleó la aplicación Google Earth y las visitas en campo. El conteo de las edificaciones por cada zona homogénea fue un estudio visual, obteniendo así un valor aproximado, el cual, arrojó la cantidad de 24.193 edificaciones en las zonas seleccionadas.

#### **4.3. Inspecciones en sitio de las edificaciones en las zonas homogéneas**

Haciendo uso de la lista de chequeo de edificaciones, se logró recopilar información y crear una base de datos de la población estudiada, con la cual podemos analizar y calcular los indicadores de riesgos sísmicos.

Al delimitar las zonas homogéneas y conociendo la cantidad de edificaciones existentes por cada zona homogénea, se procedió a aplicar la lista de chequeo diseñada

por FUNVISIS, 2014, con la cual se recabo la información necesaria para calcular los índices que permitieron la obtención de los indicadores de riesgo sísmico.

Se encontraron un total de 302 inspecciones a lo largo de todo el Municipio Mario Briceño Iragorry. (Ver Apéndice A.2).

Para el cálculo de la Muestra se empleó la fórmula planteada por Palella y Martin (2004), para poblaciones que se consideran finita como mínimas para un proyecto factible y la cual se expone a continuación:

---

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población

e = Error de estimación

---

A continuación se muestran la distribución numérica y porcentual de los datos más relevantes obtenidos en las inspecciones mediante la planilla de inspecciones de edificaciones Sismorresistente.

#### **Ü Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al número de pisos.**

Para la clasificación de los edificios de acuerdo al número de pisos se establecieron rangos, el primero está compuesto por edificios de cero (0) hasta tres (3) pisos, el que le sigue son edificios de cuatro (4) a siete (7) pisos, por ultimo están los edificios de ocho (8) hasta veinte (20), tal y como se muestra en la tabla 14. Cabe destacar que se establecieron estos rangos en función a la información levantada con la Planilla de Inspección, encontrándose que los números de pisos no eran superior a veinte (20). Es importante resaltar, que se registraron edificaciones con sótanos y semi-sótanos.

Entre las 24.193 edificaciones encontramos que de todas las inspecciones realizadas el 77,78% corresponden en su mayoría a viviendas comprendida entre cero (0) y tres (3) pisos, numéricamente hablando corresponde a 18.818 viviendas.

Seguidamente 5.335 edificaciones lo cual representa el 22,05% de aquellas edificaciones comprendidas entre cuatro (4) y siete (7), y 40 viviendas lo cual son el 0,17% en aquellas edificaciones comprendidas entre ocho (8) y veinte (20) pisos.

A continuación se presenta la Tabla 15 con la distribución numérica y porcentual de acuerdo al número de pisos. Como también los Gráficos 1 y 2 donde se determina la distribución numérica y porcentual de las edificaciones según la cantidad de pisos.

Tabla 14: Distribución de los edificios de acuerdo al número de pisos.

Rango de Pisos	Cantidad de Edificios	Porcentajes
Pisos 0-3	18818	77,78
Pisos 4-7	5335	22,05
Pisos 8-20	40	0,17

Fuente: Bru 2018.

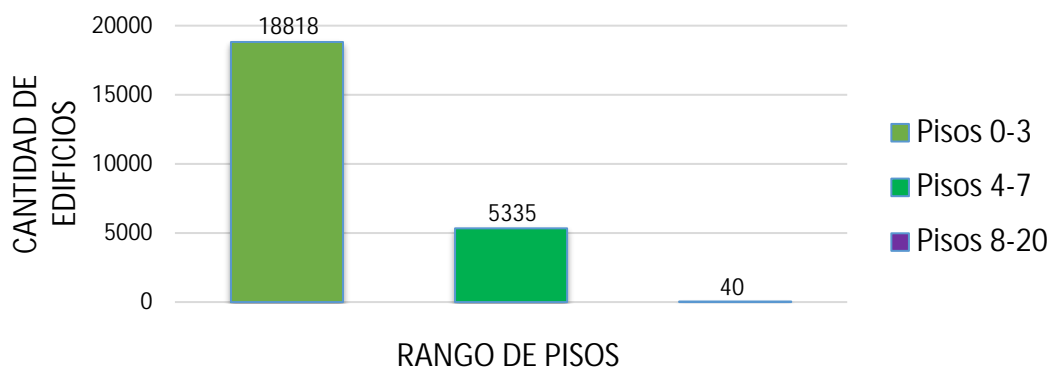


Gráfico 1: Distribución numérica de las edificaciones según la cantidad de pisos.

Fuente: Bru 2018.

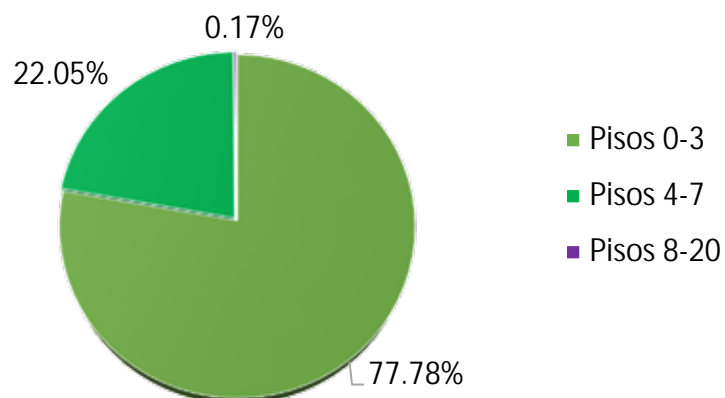


Gráfico 2: Distribución porcentual de las edificaciones según la cantidad de pisos.

Fuente: Bru 2018.

#### Ü Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al uso.

El tipo de uso de las edificaciones estudiadas, cabe destacar que para términos de este trabajo, únicamente se estudiaron edificaciones de uso residencial (vivienda unifamiliar, multifamiliar y popular) dando como resultado los que se muestran en la tabla 15 y en el gráfico 3.

Tuvo mayor predominio las viviendas unifamiliares con 18.710 con un porcentaje del 77,34% del total, seguidamente de 5345 viviendas multifamiliares con un 22,09% y por ultimo con 138 viviendas y un 0,57% de las edificaciones de populares (ver Gráfico 14).

Tabla 15: Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al uso.

Uso de la Edificación		
Uso	Cantidad de Edificaciones	Porcentaje
Unifamiliar	18710	77,34
Multifamiliar	5345	22,09
Popular	138	0,57

Fuente: Bru (2018).

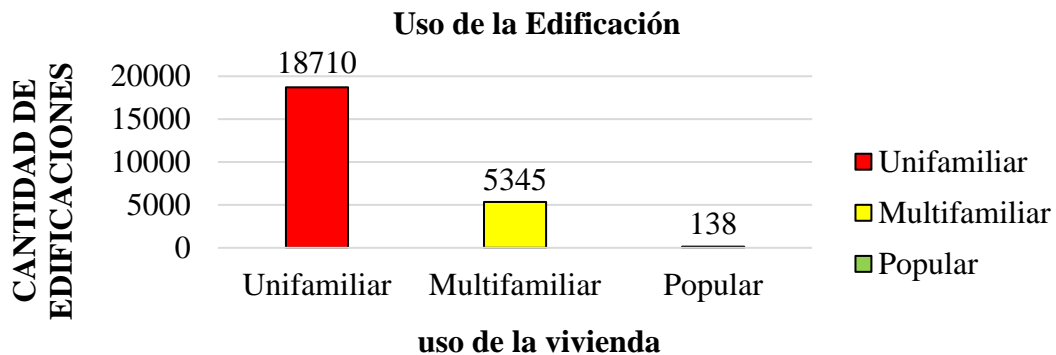


Gráfico 3: Distribución Numérica de las edificaciones de acuerdo al uso.

Fuente: Bru (2018).

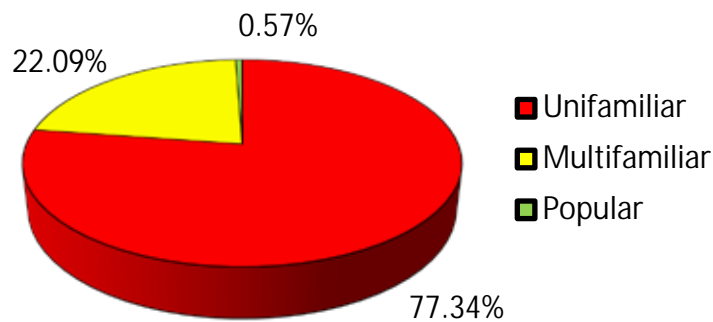


Gráfico 14: Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo al uso.

Fuente: Bru (2018).

**Ü Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al número de ocupantes por edificación.**

La distribución numérica y porcentual de acuerdo a la capacidad de ocupación, fue evaluada en base a los rangos presentados en la tabla 16 como también estableciéndose en los gráficos 5 y 6. Se observa que el rango con mayor ocupación es el correspondiente a menores o iguales a (10) personas, arrojando un aproximado de 15.753 edificaciones, con el 65,11% del total de edificaciones inspeccionadas, seguidamente 6.529 edificaciones con el 26,99% de las edificaciones de 10 a 30 ocupantes por viviendas. Y por último dando aproximadamente 1.911 edificaciones y representa el 7,90% de la muestra analizada.

Tabla 16: Distribución numérica y porcentual de las edificaciones por cantidad de personas que la ocupa.

**Cantidad de Ocupación**

Rango de Ocupación	Cantidad de Edificaciones	Porcentaje
0 - 10	15753	65,11
10 - 30	6529	26,99
Mayor a 30	1911	7,90

Fuente: Bru 2018.

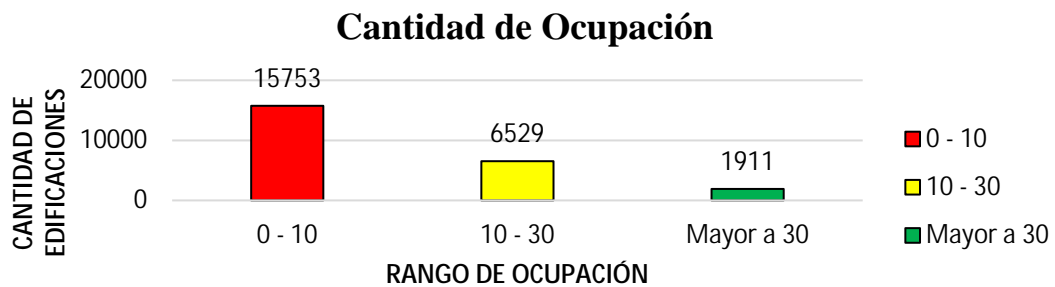


Gráfico 5: Distribución numérica de las edificaciones por cantidad de personas que la ocupa.

Fuente: Bru 2018.



Gráfico 6: Distribución porcentual de las edificaciones por cantidad de personas que la ocupa.

Fuente: Bru 2018.

**Ü Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación.**

La Tabla 17 muestra los turnos de ocupación que fueron evaluados en la planilla de inspección, siendo el de mayor valor al turno correspondiente al de “todo el día” (mañana/tarde/noche) con aproximadamente 25.629 edificaciones y un porcentaje de 74,67% del total evaluado y el de menor valor el turno “mañana” con 50 viviendas (ver Gráfico 7 y 8).

Tabla 17: Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación.

Turno de Mayor Ocupación		
Tipo de Turno	Cantidad	Porcentaje
Mañana/Tarde/Noche	16386	67,73
Mañana/Noche	1759	7,27
Tarde/Noche	4653	19,23
Mañana	670	2,77
Noche	725	3,00

Fuente: Bru (2018).

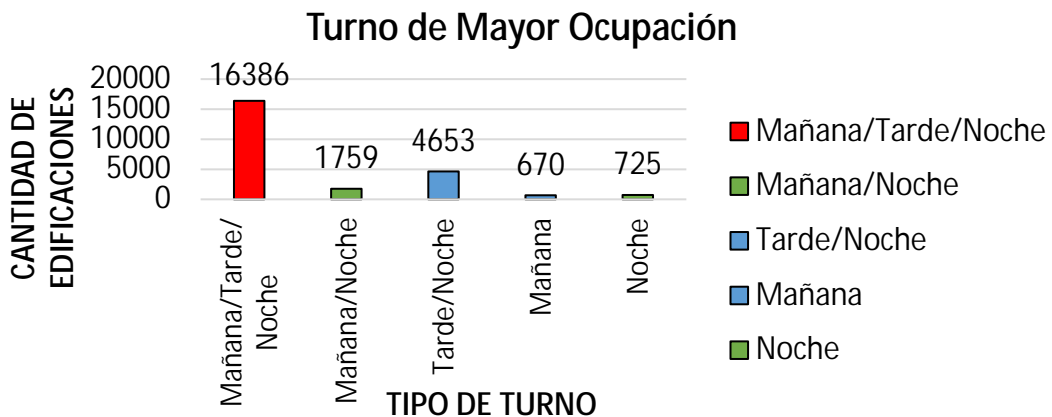


Gráfico 7: Distribución Numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación

Fuente: Bru (2018).

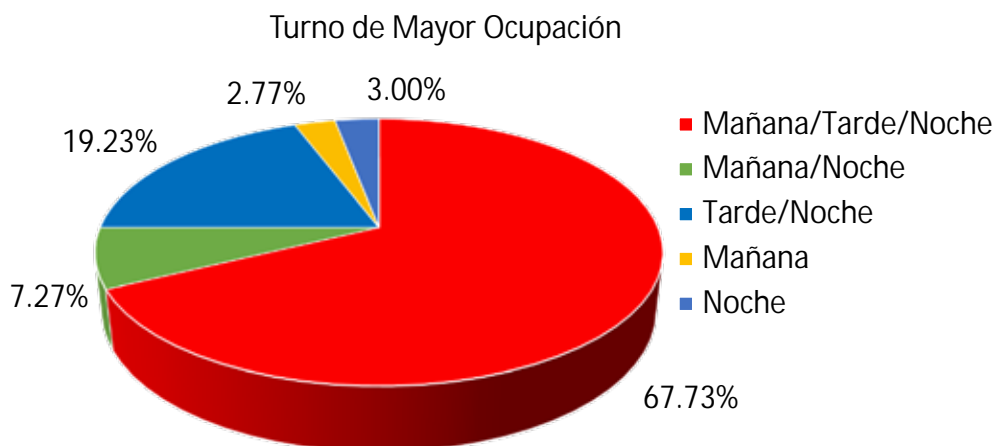


Gráfico 8: Distribución Porcentual de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación

Fuente: Bru (2018).

#### Ü **Distribución Numérica y Porcentual de las Edificaciones Según Periodo de construcción**

Se realiza la distribución numérica y porcentual según el año de construcción de las viviendas inspeccionadas, ya que es importante conocer bajo cual normativa fueron construidas, y así, poder ver en qué periodo se construyó el mayor número de viviendas en la zona.

En las inspecciones realizadas en el Municipio Mario Briceño Iragorry, se puede observar que el proceso de construcción se inició en el año 1.960 proporcionándose aproximadamente 2.858 viviendas, cabe destacar que las mismas se encuentran en el casco central del municipio, y por ende, pertenecen al casco histórico de dicha entidad, por su diseño arquitectónico y método de constructivo. Estas edificaciones fueron construidas antes de la Norma del año 1955 creada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) (Normas para el cálculo de edificios), por lo tanto no contaban con ninguna normativa de construcción en el país.

Las construcciones de las edificaciones siguieron avanzando, para el periodo 1968-1982 donde aproximadamente hay 5.953 edificaciones hasta la fecha. Estas edificaciones ya estaban construidas al momento de la ocurrencia del terremoto de Caracas en Julio de 1967, a partir del cual se realizan los primeros aportes Sismorresistentes en las normas de construcción de edificaciones venezolana, y los mismos se publican en la norma MOP 1967.

Para los años 1983-1998 se evidenciaron aproximadamente un total de 8.273, siendo esto los años más constructivos de edificaciones del municipio y fueron realizados bajo la norma COVENIN del año 1982 (Edificaciones antisísmicas).

En el periodo 1999-2001 se contabilizaron aproximadamente 2.096 edificaciones.

Con la actual Norma Sismorresistente que comprende a las edificaciones construidas después del año 2.001 hasta la fecha se encontraron aproximadamente 5.013 edificaciones, representando el 20,72 % del total estudiada. (Ver tabla 18).

En la Grafico 9 muestra los valores numéricos de específica la distribución numérica de las edificaciones por periodo de construcción y el Grafico 10 muestra los valores porcentuales de la distribución de las edificaciones por periodo de construcción

Tabla 18: Distribución numérica de las edificaciones por periodo de construcción.

Norma Correspondiente	Rango	Estimación de Edificaciones en las Zonas Homogéneas	Porcentaje de Edificaciones en las Zonas Homogéneas
Sin Norma	Antes de 1939	0	0,00
MOP 1939	Entre 1940 y 1947	0	0,00
MOP 1947	Entre 1948 y 1955	0	0,00
MOP 1955	Entre 1956 y 1967	2.858	11,81
MOP 1967	Entre 1968 y 1982	5.953	24,61
COVENIN 1982	Entre 1983 y 1998	8.273	34,20
COVENIN 1998	Entre 1999 y 2000	2.096	8,66
COVENIN 2001	Después de 2001	5.013	20,72

Fuente: Bru 2018.

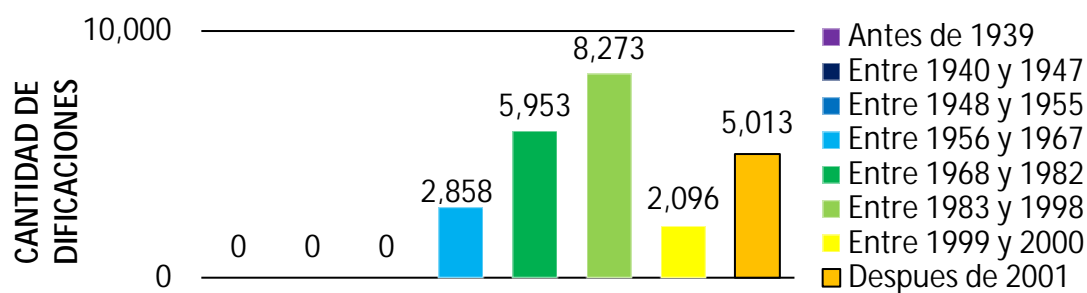


Grafico 9: Distribución numérica de las edificaciones por periodo de construcción.

Fuente: Bru 2018.

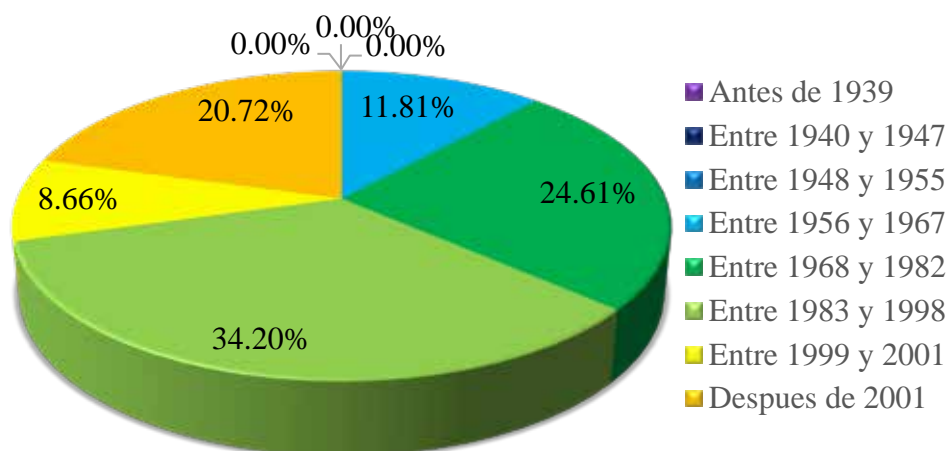


Gráfico 10: Distribución porcentual de las edificaciones por periodo de construcción.

Fuente: Bru 2018.

Ü **Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo a su sistema estructural.**

En la investigación se encontraron nueve (9) tipos de sistemas estructurales de los quince (15) tipos de sistemas que están catalogados en Venezuela y que están plasmados en la planilla de inspección, siendo los Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o concreto en donde se evidenció la mayor cantidad de edificaciones con este sistema estructural, con un 63,49% y con una cantidad numérica de 15.361 edificaciones, en la tabla 19 y gráfico 11 y 12 muestra la distribución numérica y porcentual de los Edificios por Sistema Estructural.

Tabla 19: Distribución numérica y porcentual de los Edificios por Sistema Estructural.

Distribución numérica de los Edificios por Sistema Estructural			
Sistema Estructural	Abreviación	Cantidad	Porcentaje
Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	PCAP	15361	63,49

Sistemas con muros de concreto armado en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel	MCA1D	1815	7,50
Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	MCA2D	2085	8,62
Pórticos de acero con perfiles tubulares	PAPT	2234	9,23
Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos	PRE	200	0,83
Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada	MMC	2159	8,92
Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada	MMNC	41	0,17
Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos (b)	PMBCB	148	0,61
Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos (b)	PMBCA	150	0,62

Fuente: Bru (2018).

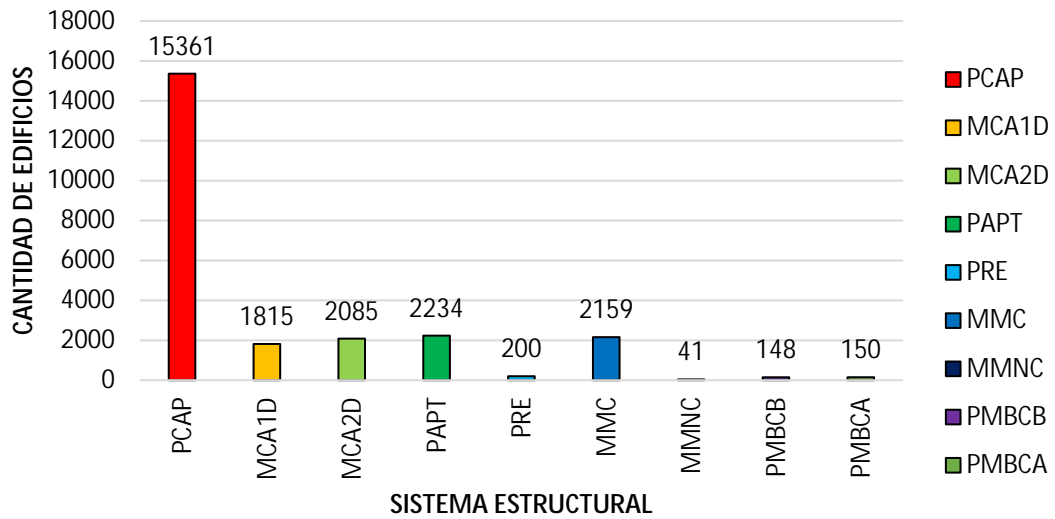


Gráfico 11: Distribución numérica de los Edificios por Sistema Estructural.

Fuente: Bru (2018).

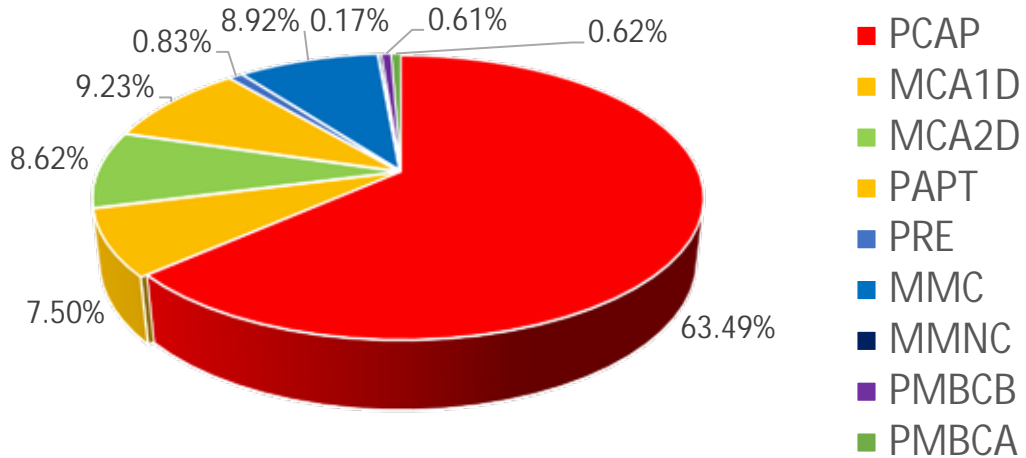


Gráfico 12: Distribución porcentual de los Edificios por Sistema Estructural.

Fuente: Bru (2018).

Ü **Distribución numérica y porcentual de las edificaciones en relación a su configuración en planta.**

A continuación se presenta la distribución numérica y porcentual de la configuración en planta de las edificaciones. En la planilla de inspección aparecen ocho

(8) posibles casos, solo encontramos los que aparecen reflejados en la tabla 20, teniendo mayor número de edificaciones el esquema de planta regular que representa el 93,24%, numéricamente hablando son 22.558 edificaciones, siendo en su mayoría edificaciones unifamiliares y populares con altura menor de tres (3) pisos. También se puede apreciar de una forma más detallada con el gráfico 13 donde explica una Distribución Numérica de las edificaciones según su configuración en planta y el gráfico 14 lo hace de forma porcentual.

Tabla 20: Distribución Numérica y Porcentual de las Edificaciones según su configuración en planta.

Distribución Numérica de las Edificaciones según su configuración en planta		
Tipo de Configuración	Cantidad	Porcentaje
Regular	22558	93,24
Cajón	1058	4,37
Tipo "L"	517	2,14
Esbeltez Horizontal	60	0,25

Fuente: Bru (2018).

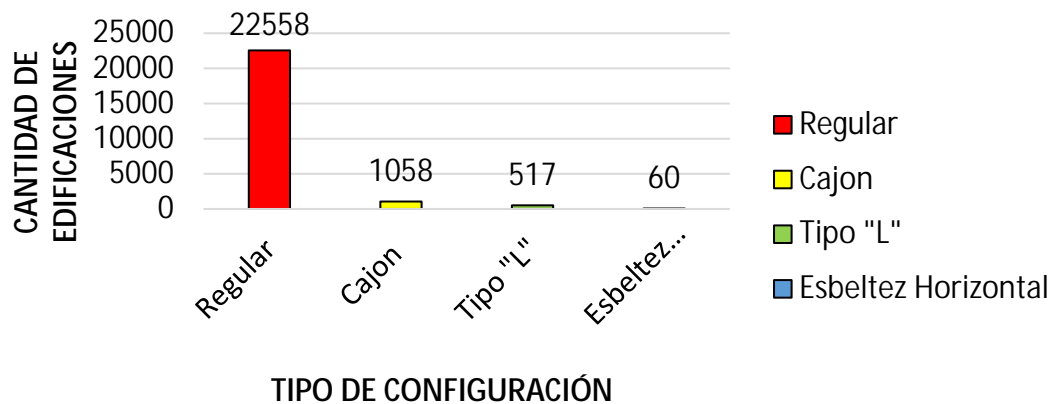


Gráfico 13: Distribución Numérica de las Edificaciones según su configuración en planta

Fuente: Bru (2018).

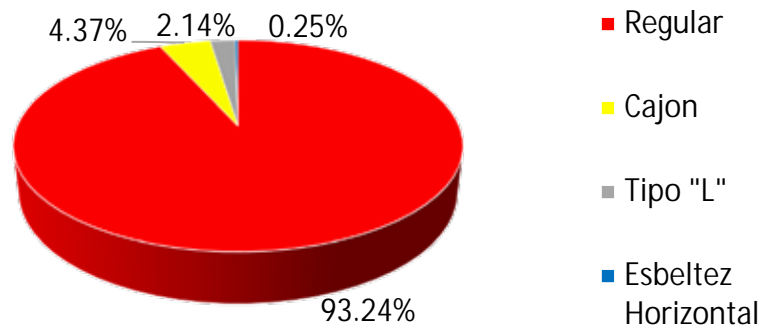


Gráfico 14: Distribución Porcentual de las Edificaciones según su configuración en planta.

Fuente: Bru (2018).

#### Ü Distribución numérica y porcentual aproximada de las edificaciones en relación a su esquema de elevación

En la Planilla de Inspección están presentes ocho (8) opciones para lo que corresponde el esquema en elevación del edificio, sin embargo, solo se registraron cinco (5) en las muestras estudiadas como se puede observar en la tabla 21. Siendo el mayor de todos el tipo de elevación rectangular con 18.240 edificaciones y 75,39% de la totalidad de las inspecciones. En los Gráfico 15 y 16 muestran la Distribución numérica y porcentual de las Edificaciones según su elevación.

Tabla 21: Distribución numérica y porcentual de las Edificaciones según su elevación.

Distribución numérica de las Edificaciones según su elevación		
Tipo de Elevación	Cantidad	Porcentaje
Rectangular	18240	75,39
Esbeltez Vertical	40	0,17
Piramidal	41	0,17
Tipo "U"	41	0,17
Ninguno	5831	24,10

Fuente: Bru (2018).

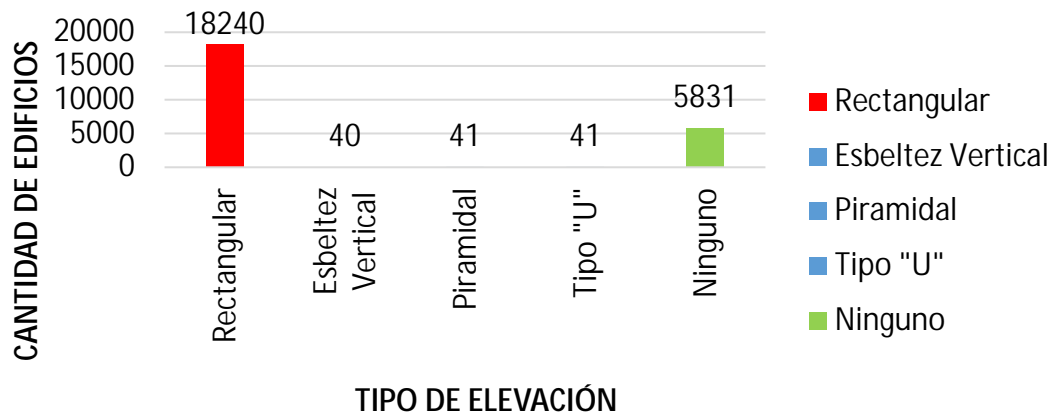


Gráfico 15: Distribución Numérica de las Edificaciones según su elevación.

Fuente: Bru (2018).

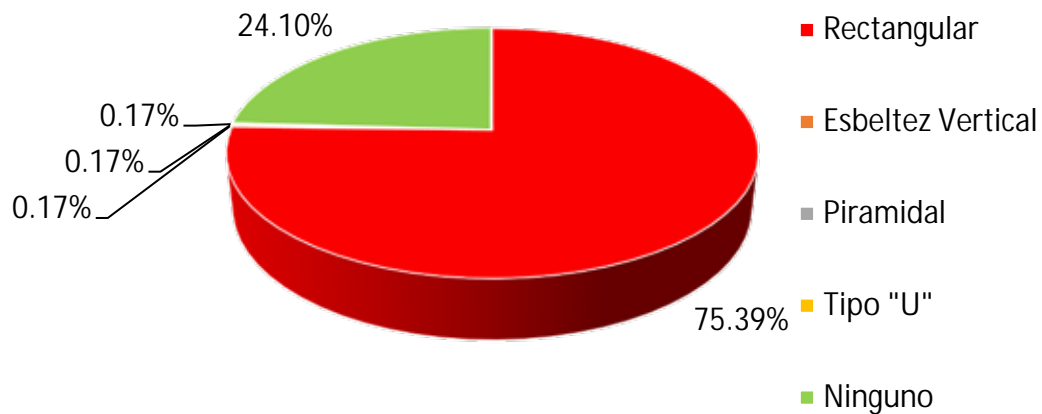


Gráfico 16: Distribución porcentual de las Edificaciones según su elevación.

Fuente: Bru (2018).

#### Ü Distribución numérica de las edificaciones que presentan irregularidades.

Dentro de las irregularidades que puede presentar una edificación sólo se evaluaron las que se pueden observar a simple vista, de manera tal de poder usar como herramienta la Planilla de Inspección descritos en el capítulo III. Las mismas se presentan en la tabla 22, además de mostrar cuantos edificios poseen y cuantas no poseen ciertas irregularidades.

Es importante destacar que el parámetro de las irregularidades representa un peso importante dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio, debido a que influye en el desempeño del mismo al momento de un evento sísmico, por lo que entre más irregularidades tenga un edificio más afectado se verá. En el Gráficos 17 se observa la distribución de irregularidades y si posee o no la edificación la irregularidad. Tabla 22: Distribución numérica de las edificaciones que presentan irregularidades.

Irregularidades					
Tipo de Irregularidad	Abreviación	Cantidad de Edificios que la Presentan		Porcentaje que si Posee	Porcentaje que no Posee
		Si Posee	No Posee		
Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	Sin vigas altas	12669	11524	52,37	47,63
Presencia de al menos un entrepiso débil o blando	Entrepiso blando	831	23362	3,43	96,57
Presencia de columnas cortas	Columna corta	7615	16578	31,48	68,52
Discontinuidad de ejes de columnas	Discontinuidad ejes	2141	22052	8,85	91,15
Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta o elev. L	Asimetría	478	23715	1,98	98,02
Aberturas significativas en losas	Abertura	221	23972	0,91	99,09
Adosamiento: Losa contra losa	Adosamiento L vs L	5948	18245	24,59	75,41
Adosamiento: Losa contra columna	Adosamiento L vs C	1292	22901	5,34	94,66
Ausencia de muros en una dirección, como ocurre en algunos sistemas del tipo túnel	Ausencia de Muros	559	23634	2,31	97,69

Fuente: Bru (2018).



Gráfico 17: Distribución numérica de las edificaciones que presentan irregularidades.

Fuente: Bru (2018).

Ü **Distribución numérica de acuerdo al grado de deterioro de los elementos estructurales y no estructurales de las edificaciones.**

Muchas de las lesiones que pueden encontrarse en las edificaciones son producto de sismos, del transcurrir del tiempo, de la acción del medio ambiente; la exposición de una estructura a través del tiempo al aire, al agua, al sol, a la intemperie, puede causar efectos múltiples, entre los cuales pueden mencionarse:

- Humedades y filtraciones en paredes, techos, losas y otros elementos.
- Agrietamientos y desintegración, de elementos estructurales de concreto y acero. Esto puede ocurrir cuando el elemento es expuesto a ciclos continuos de agua y sol.
- Desintegración de elementos metálicos, producto de la corrosión de los mismos al estar expuestos al aire libre.

- La variación de temperatura y humedad ambiental originan cambios en el volumen de los materiales; estos cambios se manifiestan como contracciones y/o expansiones que pueden agrietar el elemento e incidir en su integridad.
- Asentamientos producto de la consolidación del terreno. Estos asentamientos se manifiestan generalmente, con agrietamientos de los elementos de las estructuras.

En la Tabla 23 y Gráfico 18 muestra la Distribución numérica y el Gráfico 19 porcentual de las edificaciones de acuerdo del grado de deterioro al estado general de mantenimiento del edificio.

Tabla 23: Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.

Estado de Mantenimiento	Cantidad	Porcentaje
Severo	2783	11,50
Moderado	4177	17,27
Ninguno	17233	71,23

Fuente: Bru (2018).

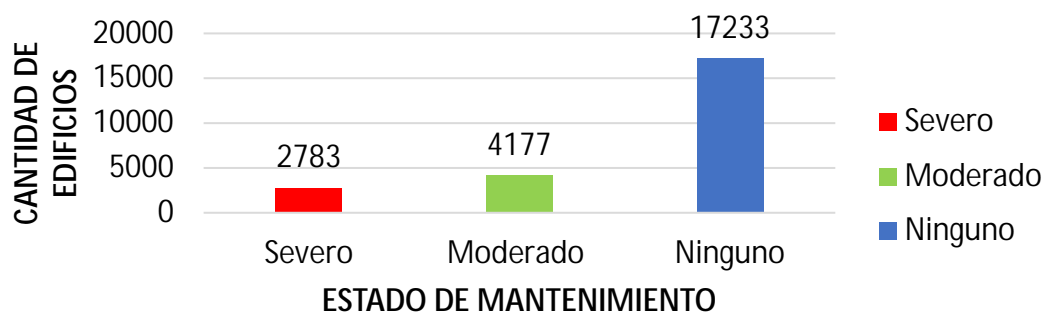


Gráfico 18: Distribución numérica del grado de deterioro de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.

Fuente: Bru (2018).

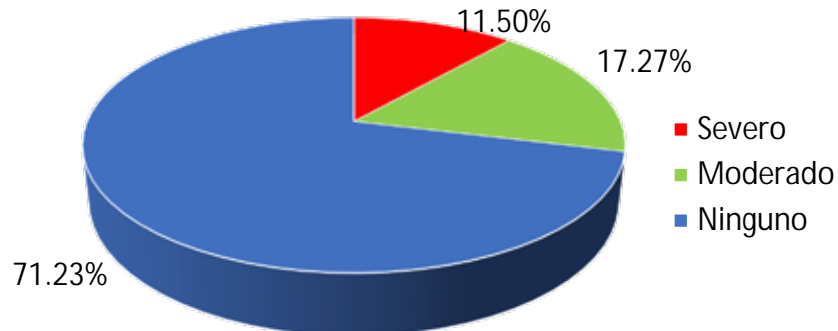


Gráfico 19: Distribución porcentual del grado de deterioro de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.

Fuente: Bru (2018).

#### Ü **Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio**

El estado general de mantenimiento del edificio es un parámetro importante que significa el deterioro puntual de un elemento estructural, causado por un sismo o algún otro evento pasado, quizás no haya sido reparado pero a pesar de esto el edificio en el resto de sus áreas se encuentre con un buen mantenimiento, además dicho mantenimiento involucra elementos y zonas del edificio que no se toman en cuenta en el parámetro anterior. Otro caso sería que un edificio puede no haber sufrido ningún tipo de daño pero tenga un bajo mantenimiento. En la tabla 24 se puede observar 13.621 edificaciones con un porcentaje de 56,30% del total de las edificaciones estudiadas con estado de mantenimiento bajo.

Los daños muchas veces son inevitables, pero se pueden disminuir; no podemos impedir que ocurra un evento natural, pero sí podemos hacer que éste no se convierta en un desastre. A continuación se presenta la Tabla 24 de distribución de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento, y en los gráficos 20 y 21 muestran la Distribución numérica y porcentual de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio

Tabla 24: Distribución de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento.

Estado de Mantenimiento	Cantidad	Porcentaje
Bueno	4762	19,68
Regular	5810	24,02
Bajo	13621	56,30

Fuente: Bru (2018).

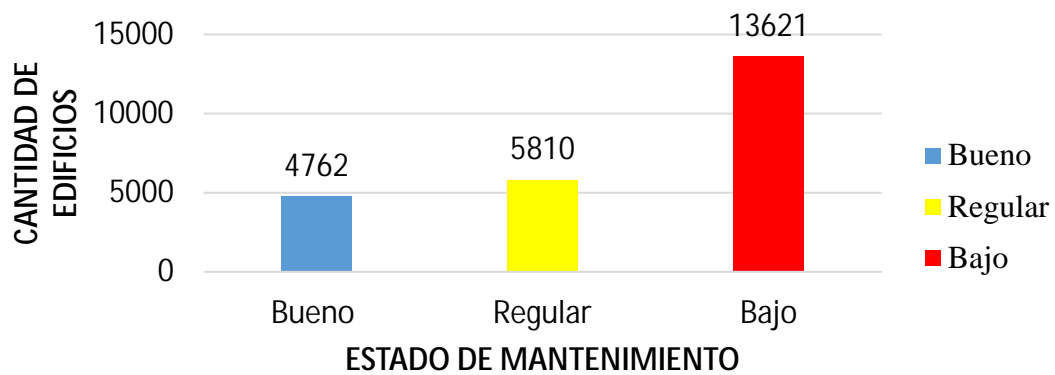


Gráfico 20: Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.

Fuente: Bru (2018).

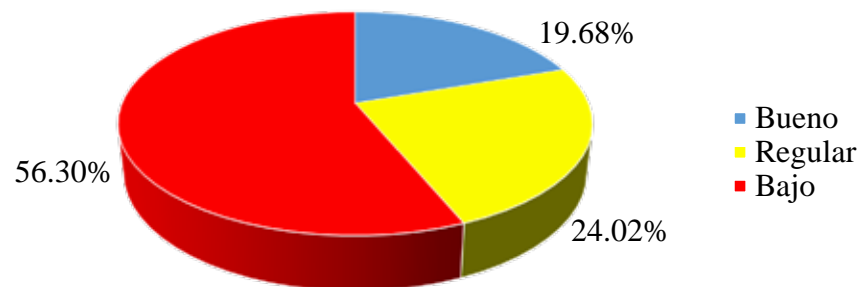


Gráfico 21: Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.

Fuente: Bru (2018).

#### 4.4. Resultado de la evaluación de los escenarios de riesgo sísmicos.

##### Evaluación de amenaza sísmica presente en las edificaciones

A continuación se presentan los resultados obtenidos aplicando la metodología diseñada por FUNVISIS explicada en el capítulo III para la determinación y valoración de los índices que inciden en el riesgo sísmico de las edificaciones, como lo son: Índice de Vulnerabilidad sísmica, Índice de Riesgo sísmico y los Índices de Priorización, se procede a cuantificar numéricamente los resultados obtenidos.

##### Ü Distribución numérica y porcentual del Índice de Vulnerabilidad sísmica presentes en las edificaciones

Después de haber registrado las características Sismorresistente de las 24.193 edificaciones analizadas, se presenta la distribución numérica y porcentual de los índices de vulnerabilidad sísmica en la Tabla 25, además para una mejor comprensión se muestran las Gráficas 22 y 23 donde se muestra una representación gráfica de los resultados obtenidos.

Tabla 25: Distribución numérica y porcentual aproximada de los indicadores de vulnerabilidad.

	Rango de Vulnerabilidad Sísmica					
	Baja	Media	Elevada	Porcentaje para Baja	Porcentaje para Media	Porcentaje para Elevada
Edificios Estudiados	105	55	142	34,77	18,21	47,02
Edificios Totales Estimados	6354	7105	10734	26,26	29,37	44,37

Fuente: Bru (2018).

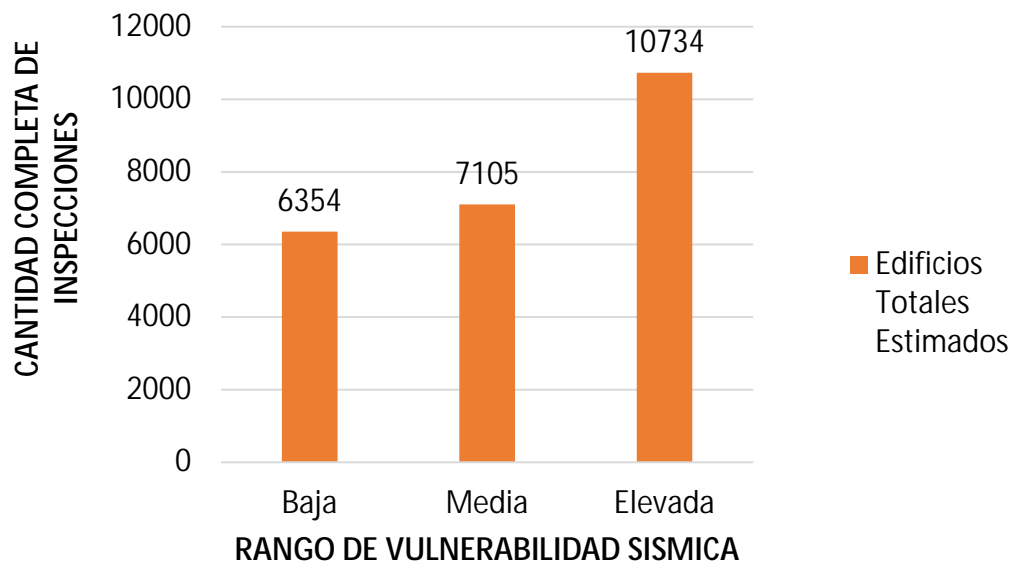


Gráfico 22: Distribución numérica aproximada de los indicadores de vulnerabilidad presente en las edificaciones.

Fuente: Bru (2018).

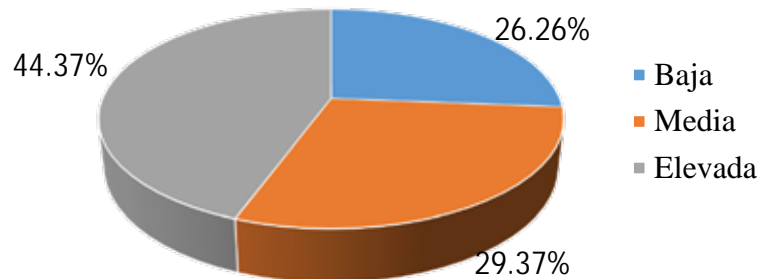


Gráfico 23: Distribución porcentual aproximada de los indicadores de vulnerabilidad presente en las edificaciones.

Fuente: Bru (2018).

Como se puede observar en el gráfico 22, la cantidad de 10.734 edificaciones estudiadas presentan vulnerabilidad elevada, y principalmente la causante de ello es que estas edificaciones presentan un sistema estructural altamente vulnerable como lo son viviendas de construcción precaria sin ningún tipo de criterio Sismorresistente.

Es importante destacar que la mayoría de ellas presentan irregularidades y algún grado de deterioro en sus elementos estructurales y no estructurales, por lo tanto hace que la vulnerabilidad se incremente.

Así mismo, 6.354 edificaciones presentan vulnerabilidad baja, acotando que dichas construcciones ya están en un periodo constructivo antisísmico y 7.105 edificaciones representan vulnerabilidad media.

#### **Ü Distribución numérica y porcentual de los Índice de amenaza sísmica presentes en las edificaciones.**

En la Tabla 1, se presentan los valores del índice de amenaza sísmica obtenidos del análisis de la muestra en estudio, los cuales fueron seleccionados considerando la relación que guardan los valores del coeficiente estructural de la aceleración del terreno en roca del municipio Mario Briceño Iragorry, la cual está definida en la norma Sismorresistente nacional (COVENIN, 2001), y la incorporación del efecto topográfico que amplifica el índice de amenaza en aproximadamente un 10%. Como ya se ha dicho, en el mapa de zonificación sísmica, el municipio Mario Briceño Iragorry se encuentra en una zona 5 lo que significa que es de peligro sísmico elevado y le corresponde un coeficiente estructural igual a 0.30. Dicha las observaciones anteriores, el índice de amenaza sísmica para las 302 edificaciones inspeccionadas, 168 edificaciones presentaron un 0.75 siendo este un 61,59% y 134 edificaciones con 0.68 siendo un 38,41%.

#### **Ü Distribución numérica y porcentual aproximada de los Índices de riesgo sísmico presentes en las edificaciones.**

Ya evaluada la amenaza sísmica presente en la zona de estudio y determinados los Indicadores de vulnerabilidad para cada edificación, se procede a la determinación del Índice de Riesgo Sísmico dado por la expresión  $IR = IA * IV$ .

Lo valores de IR al igual que el Índice de Vulnerabilidad se muestran los valores en rango cualitativos. (Ver tabla 26), arrojando como datos numéricos y porcentuales (Ver Gráficos 24 y 25).

Tabla 26: Distribución numérica de riesgo sísmico presente en las edificaciones.

	Rango de Riesgo Sísmico		
	Bajo	Medio	Alto
cantidad de edificios	2554	8450	13189
% de edificaciones	10,56	34,93	54,52

Fuente: Bru (2018).

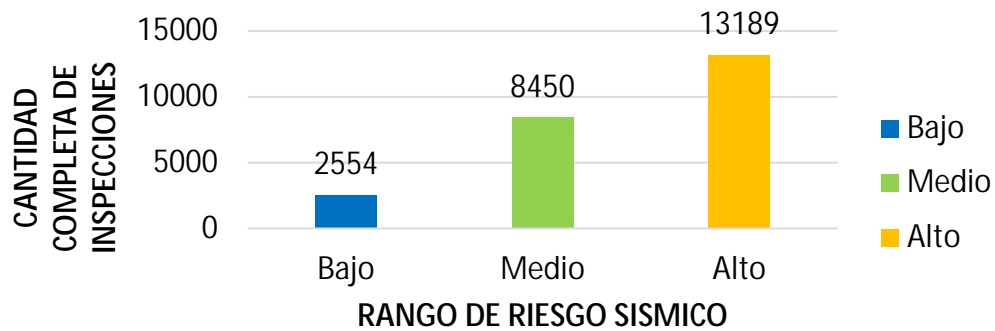


Gráfico 24: Distribución numérica de riesgo sísmico presente en las edificaciones estudiadas.

Fuente: Bru (2018).

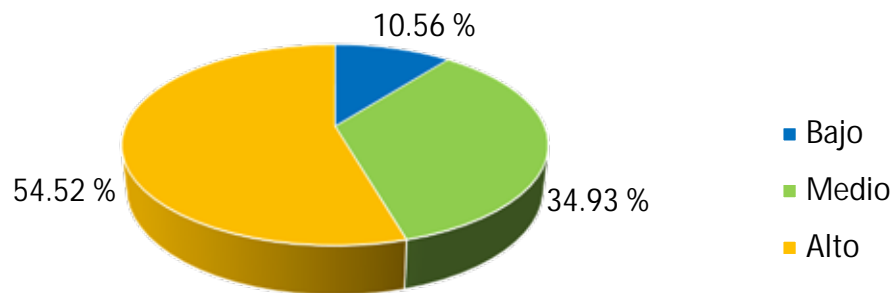


Gráfico 25: Distribución porcentual de riesgo sísmico presente en las edificaciones estudiadas.

Fuente: Bru (2018).

El índice de riesgo sísmico mostrado donde está el gráfico 24 pone de manifiesto 13.189 edificaciones estudiadas en el municipio Mario Briceño Iragorry presentan un índice de riesgo sísmico alto, seguidamente 8.450 edificaciones representan un índice de riesgo medio y 2.554 edificaciones presentan un índice de riesgo sísmico bajo.

#### **Ü Distribución numérica y porcentual aproximada de los Índices de priorización presentes en las edificaciones.**

El Índice de priorización se determina mediante la expresión:  $IP = IR * II$ . Para la determinación del valor de referencia y transformar los valores cuantitativos obtenidos en cada edificio.

Ya calculado el índice de riesgo, el índice de importancia es quien hará incrementar o no el valor del índice de priorización. Este último depende del uso de la edificación, que para esta investigación, todas las edificaciones fueron de uso residencial, es decir, viviendas unifamiliares y multifamiliares, por lo que va a depender del número de personas que ocupen el inmueble.

Para el cálculo del índice de importancia se tomó en cuenta la definición de los niveles de amenaza sísmica exigida en el diseño de estructuras en la norma COVENIN 1756:2001, dando como resultado para este estudio la clasificación de A3. Significa entonces que la única variable que afecta el índice de importancia será la cantidad de personas que habitan la edificación.

El estudio de priorización establece en orden de importancia la inmediata atención o no que debe tener cada edificio para un posible refuerzo estructural, restauración de sus elementos estructurales, reacondicionamiento de sus espacios, viables remodelaciones, factibles cambios de uso y posibles estudios detallados del comportamiento estructural a través de herramientas computacionales.

En las tablas 27 Y 28 y gráficos 26 Y 27 se presenta la distribución numérica y porcentual de los índices de priorización presentes en las 24.193 edificaciones inspeccionadas.

Tabla 27: Distribución numérica y porcentual de los índices de priorización presente en las edificaciones.

Clasificación de la Priorización	Cantidad de edificios	Porcentaje de Edificios
P1 (Prioridad Máxima)	0	0,00
P2	0	0,00
P3	0	0,00
P4	1471	8,50
P5	5523	31,92
P6	7171	41,44
P7	5250	30,34
P8	2320	13,41
P9	2053	11,86
P10	175	1,01
P11	230	1,33
P12 (Prioridad Mínima)	0	0,00

Fuente: Bru (2018).

Tabla 28. Rangos de clasificación y distribución numérica y porcentual de los índices de priorización.

Rango de clasificación de la priorización	cantidad de edificaciones	% de edificaciones
P1 a P4 (Prioridad Alta)	1471	6,08
P5 a P8 (Prioridad Media)	20264	83,76
P9 a P12 (Prioridad Baja)	2458	10,16

Fuente: Bru (2018).

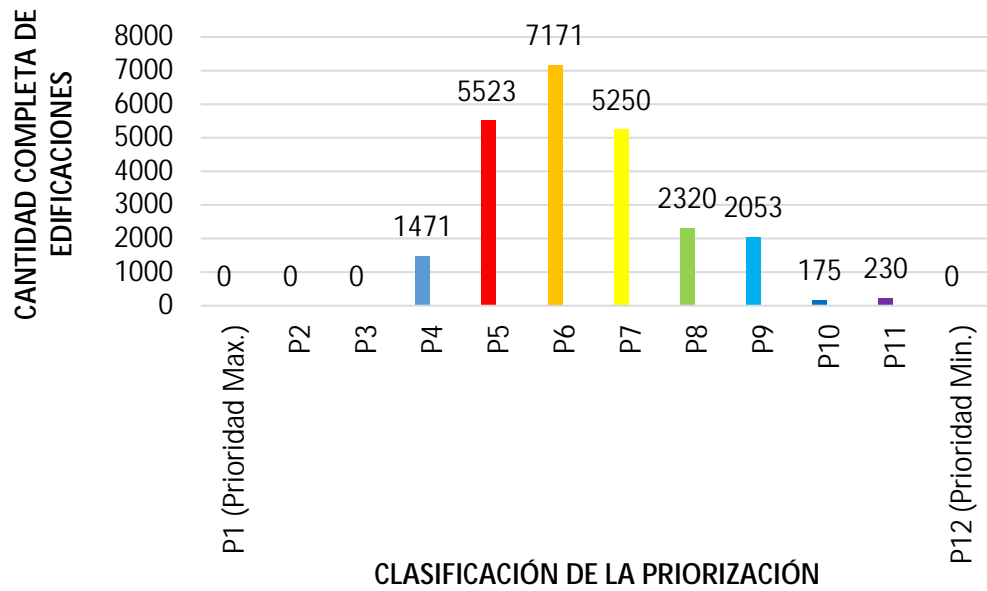


Gráfico 26: Distribución numérica de los índices de priorización presente en las edificaciones

Fuente: Bru (2018).

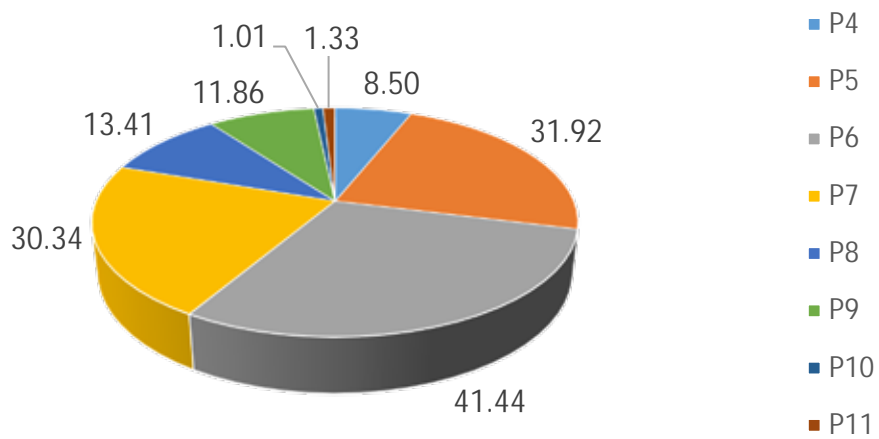


Gráfico 27: Distribución porcentual de los índices de priorización presente en las edificaciones

Fuente: Bru (2018).

Como se puede observar se definen doce (12) características del índice de priorización que van desde P1 (Prioridad Máxima) hasta P12 (Prioridad Mínima). Como se puede observar los valores para P1, P2, P3 son ceros.

En la gráfica 27 se obtuvo es la priorización 4 (P4), ocupando el 8,50% de la zona lo que equivale a 1.471 edificaciones, la cual no presenta tanta emergencia como lo sería los índices de priorización de P1 a P4, sin embargo, no está en un rango aceptable y debería evaluarse su comportamiento ante una eventualidad sísmica elevada.

Tomando en consideración se encuentran 5.523 edificaciones con un 31,92% del total, las cuales resultaron ser calificadas como prioridad 6 (P6) con un 41,44% lo que abarca unas 7.171 edificaciones y siendo esta la de mayor porcentaje, estas edificaciones son aquellas de pórticos de concreto armado sin ninguna irregularidad y con buen estado general de mantenimiento.

Seguidamente esta la prioridad 7 (P7) representando un 30,34% del total lo que representa 5.250, de ser necesario es recomendable inspeccionar y una posible intervención.

Luego se identifican la prioridad 8 (P8) con un 13,41% que representa 2.320 edificaciones y la prioridad 9 (P9) con 2.053 edificaciones representando un 11,86% sabiendo que estas requieren una posible evaluación de su condición Sismorresistente.

Por último se observa P10 y P11 con 175 y 230 edificaciones respectivamente y estas edificaciones tendrían una baja prioridad a las otras dichas anteriormente.

## CONCLUSIONES

En esta investigación se indago sobre los datos de identificación de las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua; por lo cual se logró recopilar información estructural de 28.193 edificaciones con la ayuda de la aplicación Google Earth y con el apoyo de FUNVISIS, en cuanto al uso de su instrumento de inspección y la aplicación móvil Android resultaron ser una eficaz herramienta al momento recabar información para desarrollar los cálculos de los indicadores analizados en esta investigación. De igual forma se lograron contabilizar 150 zonas homogéneas que presentan riesgo sísmico en el municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua en el cual el mayor índice de zonas localizadas de mayor uso residencial se encuentra ubicada en el casco central y norte del municipio.

Ahora bien, con la información recopilada se ha podido llegar a un conjunto de conclusiones que inciden directamente en el estudio y análisis de los índices de amenaza, vulnerabilidad, riesgo y priorización sísmica de las edificaciones evaluadas.

En cuanto a los indicadores de vulnerabilidad del Municipio Mario Briceño Iragorry del estado Aragua, la investigación arrojó que 10.734 edificaciones poseen vulnerabilidad alta, siendo éstas las que mayor importancia presentan al momento de un evento sísmico, teniendo en cuenta que dichas edificaciones no presentan mejoras en el mantenimiento y reforzamiento de sus elementos estructurales, las mismas presentan una condición desfavorable entre las cuales se destacan los siguientes indicadores de vulnerabilidad como son el sistema constructivo y el año de construcción, siendo este uno de los parámetros más importantes que en su mayoría corresponden a construcciones coloniales y edificaciones que fueron construidas sin las normas sismoresistente, así como también la presencia de irregularidades en la construcción lo que es un factor significativo para el aumento de la vulnerabilidad sísmica.

En este mismo orden de ideas, cabe destacar que los edificios evaluados no presentan refuerzos estructurales, ni un mantenimiento adecuado, entre las edificaciones estudiadas tenemos un mantenimiento bajo de 13.621 edificaciones el cual nos indica que la gran mayoría de las edificaciones en el Municipio Mario Briceño Iragorry no realiza la verificación adecuada e incrementan la vulnerabilidad sísmica de la misma

Asimismo, se logró identificar un riesgo sísmico alto con 13.189 edificaciones, siendo objeto de estudios y análisis más profundos con la finalidad de mitigar la influencia de los eventos sísmicos y evitar daños en las edificaciones. De allí, que al analizar los datos relacionados con la sectorización, se pudo concluir que las zonas de mayor riesgo son: Circunvalación, Arias Blanco y Tejerías, estas edificaciones fueron construidas desde hace más de 50 años y poseen una gran cantidad de viviendas sin bajo supervisión de ingeniería lo cual aumenta su vulnerabilidad y riesgo sísmico.

Además, se pudo observar que en el Municipio se encuentran 5.375 edificaciones mayores a 3 pisos, lo que indica que, al momento de presentarse un evento sísmico, estas edificaciones tendrán mayor probabilidad de sufrir daños que edificaciones menores a 4 pisos, por ende, serán afectados vidas humanas. Finalmente, se pudo establecer la prioridad estructural aun total de 550 edificaciones encontradas en la zona cercana a los Acuarianos, las cuales presentan una prioridad alta, esto significa que deben ser intervenidas urgentemente por un profesional de la ingeniería.

## **RECOMENDACIONES**

Para una más detallada complementación de la investigación, se sugiere realizar inspecciones con más profundidad en las zonas de alto riesgo, sin dejar de tomar en cuenta que las personas que residen en dichas zonas no cuentan con los recursos socioeconómicos para la construcción de viviendas adecuadas. Para reducir la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones es importante lograr que las construcciones sean realizadas bajo las normas vigentes, por lo tanto es importante considerar que los profesionales del área de la construcción deben apegarse a las normas Sismorresistente actuales con ética y responsabilidad.

La culminación de esta investigación solo se puede garantizar con un cambio en la percepción del problema por parte de la población y de las autoridades para lo cual se requiere un mayor grado de difusión de la información recabada, para implementar un cambio en la cultura y para dar una adecuada preparación ante los futuros eventos sísmicos.

Por último se propone, dar continuidad a la aplicación de estos estudios de evaluación del riesgo sísmico, tanto en los lugares adyacentes a la zona de estudio como en otros sectores que no hayan sido objeto de investigación, a fin de aumentar estas evaluaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acuña D. (2011) Gestión del riesgo por desastres propuesta metodológica para identificar y analizar condiciones de vulnerabilidad de las edificaciones en el centro histórico de la Serena. Grado Académico de Magíster. Chile. Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación: Introducción a la investigación científica. (6° Ed.). Caracas, Venezuela: Episteme C.A.
- Barbat y Pujades (2003) Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas, aplicación a Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona España.
- Bertero R. D. y Bertero V. V. (2000), "Application of a comprehensive approach for the performance-based earthquake-resistant design of buildings", Doceavo Congreso Mundial de Ingeniería Sísmica.
- Cardona Omar D, Francis Ghesquiere, Yamin, Luis y otros. Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre El caso de Bogotá, Colombia. Región de América Latina y el Caribe 1818 H Street, N.W. Washington, D.C. 20433, U. S. A. [www.worldbank.org/lcrdrm](http://www.worldbank.org/lcrdrm). Primera edición en español: abril de 2013. ISBN: 978-958-695-840-0. (p.7).
- Bolt, B (1981) Terremoto. Editorial Reverte. University of California, Berkely. Usa.
- Chadon y Gonzalez (2002) Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación, Prevención. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2009) Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Febrero 2009. Bases legales.
- Cordova R. y Bravo A. (2015) Conocimientos de los estudiantes de cuarto año de la escuela de enfermería sobre prevención ante desastres naturales (sismo – Terremotos). Guyaquil.
- Coronel D, Gustavo y Martínez Vladimir, (2015). Definición de Zonas Homogéneas para la Evaluación de Riesgo Sísmico en Venezuela.
- Duque G, 2016. Manual de Geología para ingenieros. Cap. 15. Colombia. MANUALGEO <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

- Farfán Juan y Díaz Eduardo (2009) Estudio de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en un Sector de la Zona 12, de la Ciudad de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Fundación Venezolana de investigaciones sismológicas. (Funvisis,2001) Norma Venezolana. COVENIN 1756: 2001-2. Edificaciones Sismorresistentes. Caracas.
- Fundación Venezolana de investigaciones sismológicas. (2014). ¿Venezuela es un país sísmico?. Caracas-Venezuela. [Página web en línea]. Disponible en: [http://www.funvisis.gob.ve/pais\\_sismico.php](http://www.funvisis.gob.ve/pais_sismico.php)
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Funvisis, 2002)“La investigación sismológica en Venezuela”. Caracas: Impresos Lauper.
- Gonzalez C. (2011).Tesis doctoral. Gestion del riesgo del desastre en el área sanitaria de Guaymayen. Ciudad Mendoza, Argentina. Universidad del Aconcagua.
- Hernández, M. (2002). Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. UPC. Documento en línea. Disponible en: <http://www.tdx.cat/TDX-0731102-15453>. [Consultado: 2008, Mayo 05].
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). (5ª Ed.). México, D.F., México: McGraw Hill Interamericana.
- Hernández, R (2000). Metodología de la investigación. Mexico: MC.Graw- Hill. Interamericana Editores, S.A, de CV.
- Hurtado, J (2004). Metodología de la Investigación Holística. (3ra. Edic) Caracas. Venezuela. Sypal.
- Hurtado y Toro (2000).Paradigmas y Métodos de Investigación en tiempos de Cambio. Caracas.Clemente Editores.
- Instituto Nacional E. Censo Nacional de población y vivienda. <http://www.ine.gov.ve/CENSO2011/>
- Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo (2005)

- Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.095, Caracas, Venezuela, 9 de Enero de 2009.
- Magallón, F& Segura, C (2012). Como enfrentar un terremoto: Manual para docentes. San José: C. R. EUNED. Cuarta Edición.<http://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/CEDOCRID%20v2.0/CEDO/pdf/spa/doc3787/doc3787-3.pdf>  
[http://www.preventionweb.net/files/30587\\_ecuadorprogramanacionalprevencionde.pdf](http://www.preventionweb.net/files/30587_ecuadorprogramanacionalprevencionde.pdf)
- Martínez, S. 2014. Tesis para obtener Doctorado. Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposiciones urbanas de la edificación, aplicadas a la ciudad de Lorca, región de Murcia. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Montezuma D (2011) Determinación de Áreas de riesgo sísmico, Estado Sucre. Venezuela. Settlement of Seismic Risk Areas, Sucre State, Venezuela.
- Morgan L. Teoría de la Entrevista. Viveros de Asis 96, Col. Viveros de la Loma Tlalnepantla, C.P. 54080, Estados de México, Primera edición, 2012.
- Navarro M., Garcia-Perez A., Alcalá, F.J., Vidal, F., Enomoto, T. and Aranda, C. (2012) Una visión general de los efectos locales y los daños observados en la ciudad de Lorca debidos a los terremotos de de mayo de 2011. Homenaje a la profesora María Dolores Romacho Romero. Editorial Universidad de Almeria 183-201 pp.
- Palella y Martins (2004). Metodología de la investigación Cuantitativa. Caracas.
- Patiño O. (2009) Aplicación de la mecánica fractal para el análisis de la sismicidad en la República Mexicana. Tesis Para obtener doctorado. Instituto Politécnico Nacional .México.
- Pineda M (2012) Evaluación de riesgo de movimientos en masa en la subcuenca del rio Caramacate (Estado Aragua) a través de un análisis temporal multivariado. Universidad central de Venezuela Facultad de Agronomía. Maracay, Estado Aragua.
- Pombo 2012. Observatorio acelerográfico universidad de Carabobo. Revista ingeniería UC. Por publicar
- Ruiz, B (2002) Instrumentos de investigación. Caracas. FEDEUPEL

- Sabino, C. (2002). Proceso de investigación. Argentina. El Cid. Editor.
- Sandi H. (1986) Vulnerability and risk Analysis for individual structure and system. Proceeding of the eighth European conference on Earthquake Engineering, Lisbon 7-11-69.
- Serrano y -Córdovez (2015) Vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios residenciales estudiados dentro del Plan Especial de evaluación del riesgo sísmico en la Comunidad Valenciana 67. vol 67 # 539 Informes de la construcción.
- Shearer, (1999) Introduction to Siesmology. Cambrige University. USA
- Silva B. 2011. Tesis para obtener grado de Magister. Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales, evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Singer, André. (2012) Introducción a las amenazas naturales. Evaluación de la amenaza sísmica. Caracas, Venezuela: Fundación CBD publicaciones.
- Tamayo y Tamayo (2004) El proceso de investigación Científica. Mexico: Limusa Noriega
- Zango (2011) Gestión integral de los riesgos naturales en el marco de los derechos humanos de tercera generación. El caso de los efectos inducidos por la sismicidad en El Salvador. Centroamerica. Tesis Doctoral. Universidad Pablo Olavide, Sevilla.
- Zapata, R. y Caballeros, R. “Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres” (Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2000), pág. 08 y 06.
- [www.osso.org.co/docu/tesis/2003/evaluacion/sismologia.pdf](http://www.osso.org.co/docu/tesis/2003/evaluacion/sismologia.pdf)


# Anexo


Figura A.1: Planilla de Inspección de Edificaciones. (Parte frontal)

Gobierno Bolivariano de Venezuela		Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación		Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)		FUNVISIS	
Versión 062013		<b>PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES</b> (Características Sismorresistentes)				G-20007732-2	
<b>1. Datos generales</b>							
1.1 Fecha: _____		1.2 Hora inicio: _____		1.3 Hora culminación: _____		1.4 Código: _____	
<b>2. Datos de los participantes</b>							
Función		Nombre y apellido		Teléfono		Correo Electrónico	
2.1 Inspector							
2.2 Revisor							
2.3 Supervisor							
<b>3. Datos del entrevistado</b>							
3.1 Relación con la Edif.		3.2 Nombre y apellido		3.3 Teléfono		3.4 Correo Electrónico	
<b>4. Identificación y ubicación de la edificación</b>							
4.1 Nombre o N°: _____		4.2 N° de pisos: _____		4.3 N° de semi-sótanos: _____			
4.4 N° de sótanos: _____		4.5 Estado: _____		4.6 Ciudad: _____			
4.7 Municipio: _____		4.8 Parroquia: _____		4.9 Urb., Barrio: _____			
4.10 Sector: _____		4.11 Calle, Vereda: _____		4.12 Pto. de Referencia: _____			
Proy. UTM( REGVEN) 4.13 Coord. X: _____		4.14 Coord. Y: _____		4.15 Huso: _____			
<b>5. Uso de la edificación (marcar con "x", múltiples opciones)</b>							
<input type="checkbox"/> Gubernamental		<input type="checkbox"/> Militar		<input type="checkbox"/> Médico-Asistencial		<input type="checkbox"/> Industrial	
<input type="checkbox"/> Bomberos		<input type="checkbox"/> Vivienda Popular		<input type="checkbox"/> Educativo		<input type="checkbox"/> Comercial	
<input type="checkbox"/> Protección Civil		<input type="checkbox"/> Vivienda Unifamiliar		<input type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo		<input type="checkbox"/> Oficina	
<input type="checkbox"/> Policial		<input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar		<input type="checkbox"/> Cultural		<input type="checkbox"/> Religioso	
						Otro (Especifique) _____	
<b>6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "x", múltiples opciones)</b>							
6.1 Número de personas que ocupan el inmueble: _____				6.2 Ocupación durante: <input type="checkbox"/> Mañana <input type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Noche			
<b>7. Año de construcción (rellenar y marcar con "x", una opción)</b>							
Año: _____		<input type="checkbox"/> Antes de 1939		<input type="checkbox"/> Entre 1940 y 1947		<input type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955	
		<input type="checkbox"/> Entre 1956 y 1967		<input type="checkbox"/> Entre 1968 y 1982		<input type="checkbox"/> Entre 1983 y 1998	
				<input type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001		<input type="checkbox"/> Después de 2001	
<b>8. Condición del terreno (marcar con "x", una opción por pregunta)</b>							
8.1 Edificación en:		<input type="checkbox"/> Planicie		8.2 Pendiente del terreno: <input type="checkbox"/> 20° - 45°		<input type="checkbox"/> Mayor a 45°	
		<input type="checkbox"/> Ladera		8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No			
		<input type="checkbox"/> Base		8.4 Pendiente del talud: <input type="checkbox"/> 20° - 45°		<input type="checkbox"/> Mayor a 45°	
8.6 Drenajes: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No		<input type="checkbox"/> Cima		8.5 Separación al talud: <input type="checkbox"/> Menor a H del Talud		<input type="checkbox"/> Mayor a H del Talud	
<b>9. Tipo estructural</b>							
9.1 Marque con "x", múltiples opciones:				9.2 Indique el número del tipo estructural predominante: _____			
<input type="checkbox"/> 1. Pórticos de concreto armado		<input type="checkbox"/> 2. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto		<input type="checkbox"/> 3. Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales		<input type="checkbox"/> 4. Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección (algunos sist. tipo túnel)	
<input type="checkbox"/> 5. Pórticos de acero		<input type="checkbox"/> 6. Pórticos de acero con perfiles tubulares		<input type="checkbox"/> 7. Pórticos de acero diagonalizados		<input type="checkbox"/> 8. Pórticos de acero con cerchas	
<input type="checkbox"/> 9. Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos		<input type="checkbox"/> 10. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada		<input type="checkbox"/> 11. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada		<input type="checkbox"/> 12. Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos	
<input type="checkbox"/> 13. Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos		<input type="checkbox"/> 14. Viviendas de bahareque de un piso		<input type="checkbox"/> 15. Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.)			
<b>10. Esquema de planta (marcar con "x")</b>				<b>11. Esquema de elevación (marcar con "x")</b>			
<input type="checkbox"/> "H"		<input type="checkbox"/> "L"		<input type="checkbox"/> Esbeltez horizontal		<input type="checkbox"/> "T"	
<input type="checkbox"/> "T"		<input type="checkbox"/> Cajón		<input type="checkbox"/> Ninguno		<input type="checkbox"/> "U"	
<input type="checkbox"/> "U" ó "C"		<input type="checkbox"/> Regular		<input type="checkbox"/> Pirámide invertida		<input type="checkbox"/> "L"	
				<input type="checkbox"/> Piramidal		<input type="checkbox"/> Rectangular	
				<input type="checkbox"/> Esbeltez vertical		<input type="checkbox"/> Ninguno	

Fuente: FUNVISIS, 2014.

Figuras A.2: Planilla de Inspección de Edificaciones. (Parte Posterior)


**Gobierno Bolivariano de Venezuela** |
 **Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación** |
 **Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)**



---

**12. Irregularidades (marcar con "x", múltiples opciones)**

<input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones <input type="checkbox"/> 12.2 Ausencia de muros en una dirección <input type="checkbox"/> 12.3 Estructura frágil <input type="checkbox"/> 12.4 Presencia de al menos un entrepiso débil ó blando <input type="checkbox"/> 12.5 Presencia de columnas cortas <input type="checkbox"/> 12.6 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes	<input type="checkbox"/> 12.7 Aberturas significativas en losas <input type="checkbox"/> 12.8 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta <input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra losa <input type="checkbox"/> 12.10 Adosamiento: Losa contra columna 12.11 Separación entre edificios (cm): _____
--	--

---

**13. Grado de deterioro (marcar con "x", una opción por pregunta)**




13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.3 Agrietamiento en paredes de relleno:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.4 Estado general de mantenimiento:	<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Bajo

---

**14. Observaciones**

---

**15. Croquis de ubicación, fachada y planta**

Croquis de ubicación 	Croquis de fachada 
Croquis de planta 	

**Fotos a tomar:**

- Fachadas	- Identificación de la edificación	- Pendiente del terreno	- Talud cercano	- Tipo estructural
- Elementos estructurales	- Losas	- Juntas	- Nodos o conexiones	- Ausencia de vigas altas
- Discontinuidad de elementos	- Aberturas excesivas en planta	- Asimetría en planta	- Adosamiento	- Orletas en paredes
- Orletas o fisuras en elementos de concreto	- Corrosión o deterioro en elementos de acero	- Observaciones o casos especiales		

Fuente: FUNVISIS, 2014.

# Apéndice

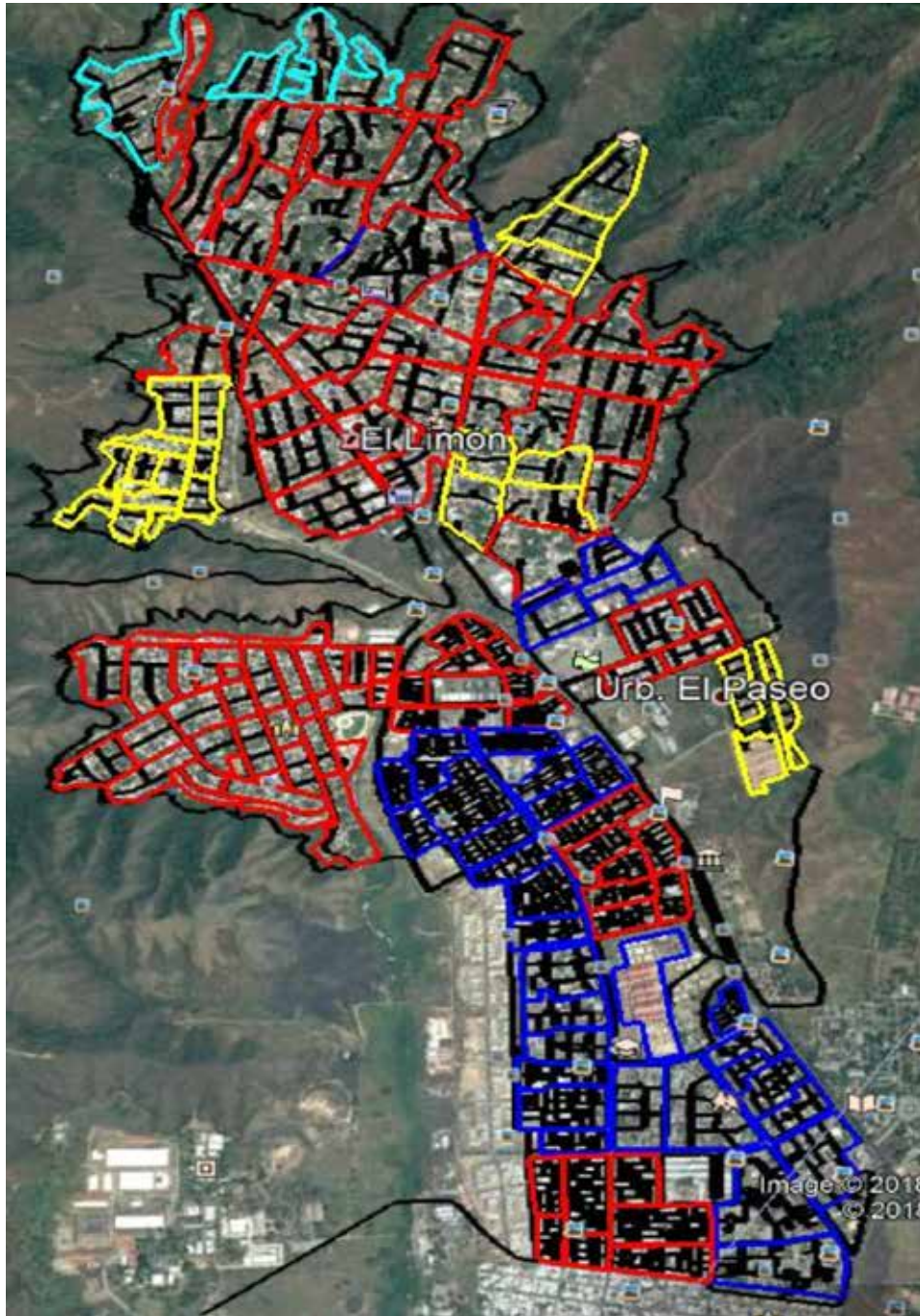


Figura A.1: Ubicación satelital del municipio Mario Briceño Iragorry con sus zonas Homogéneas ya establecidas.

Fuente: Bru 2018.

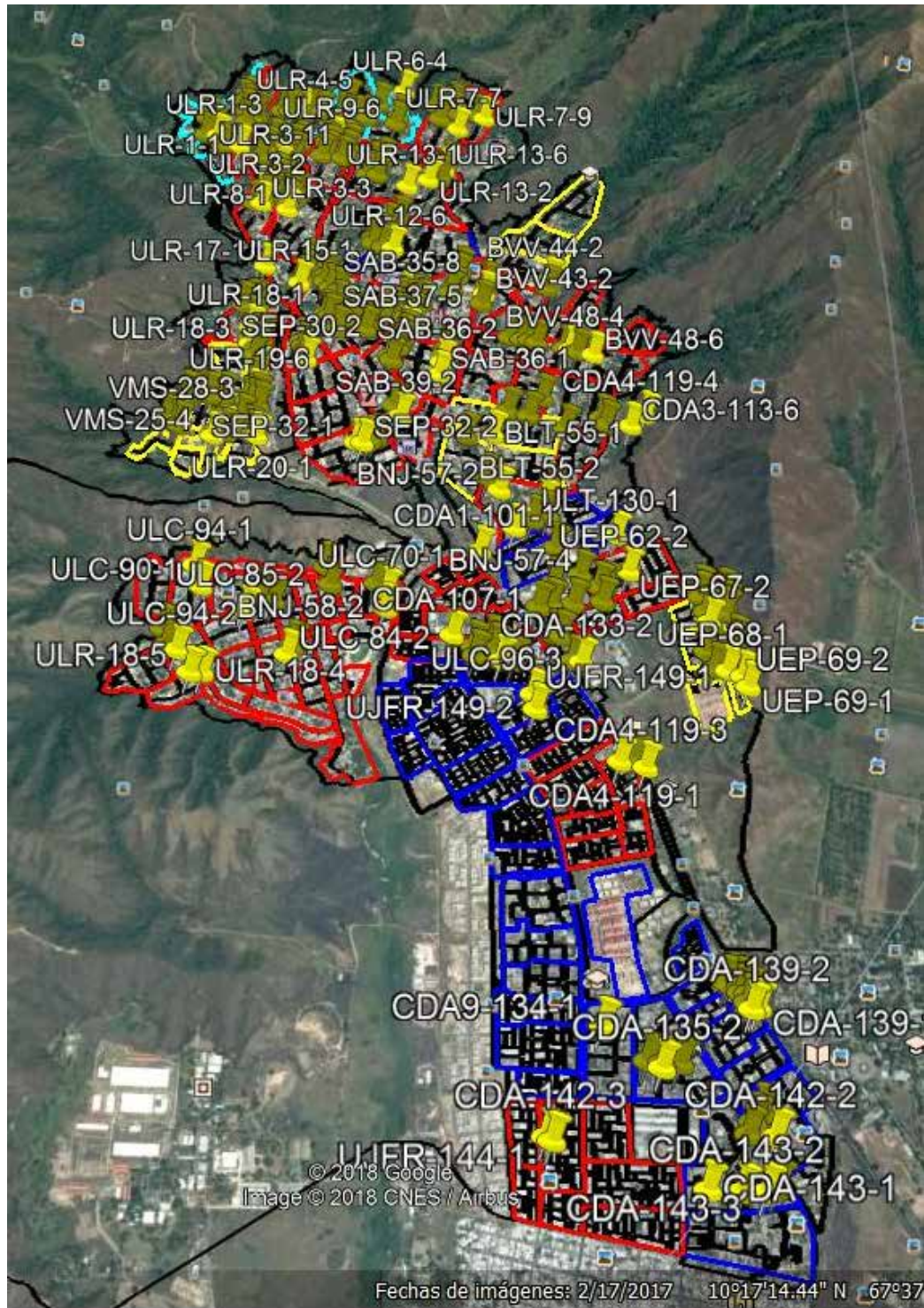


Figura A.2: Ubicación Satelital de las edificaciones inspeccionadas.  
Fuente: Bru 2018.

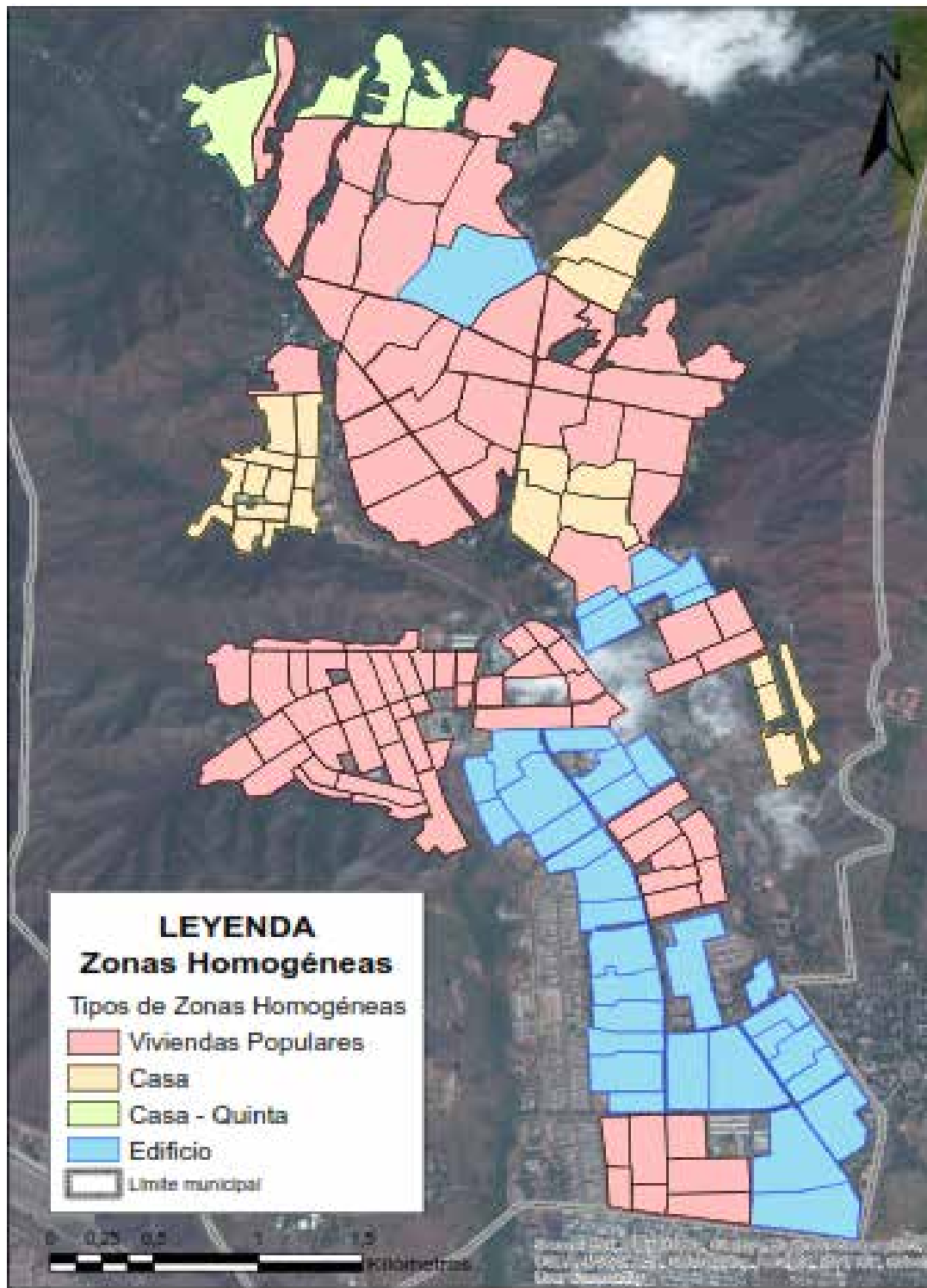


Figura A.3: Ubicación Satelital de la clasificación censo de vivienda.  
Fuente: Funvisis 2018.

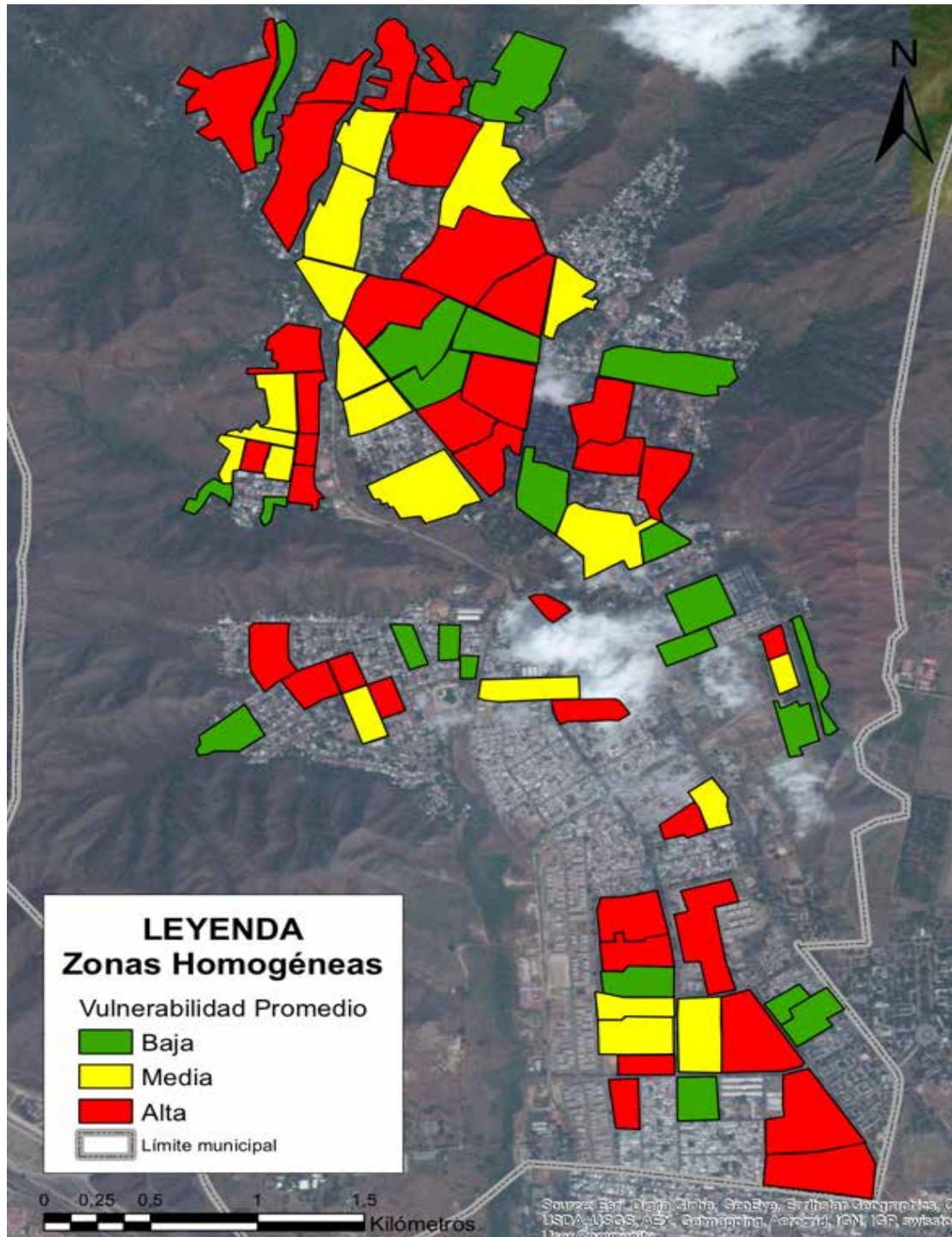


Figura A.4: Ubicación Satelital de la Vulnerabilidad de las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry.  
 Fuente: Funvisis 2018.

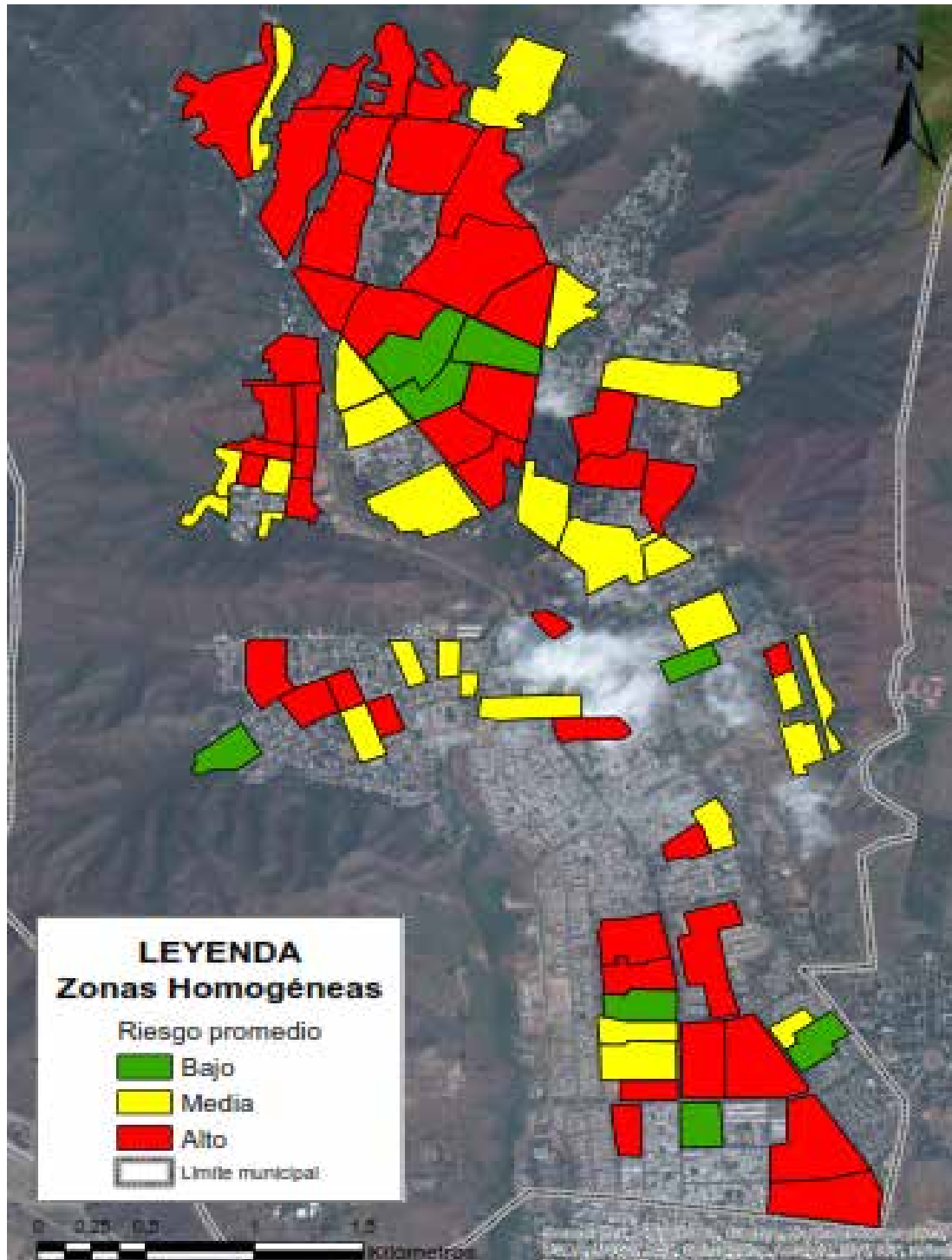


Figura A.5: Ubicación Satelital del Riesgo de las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry.  
 Fuente: Funvisis 2018.

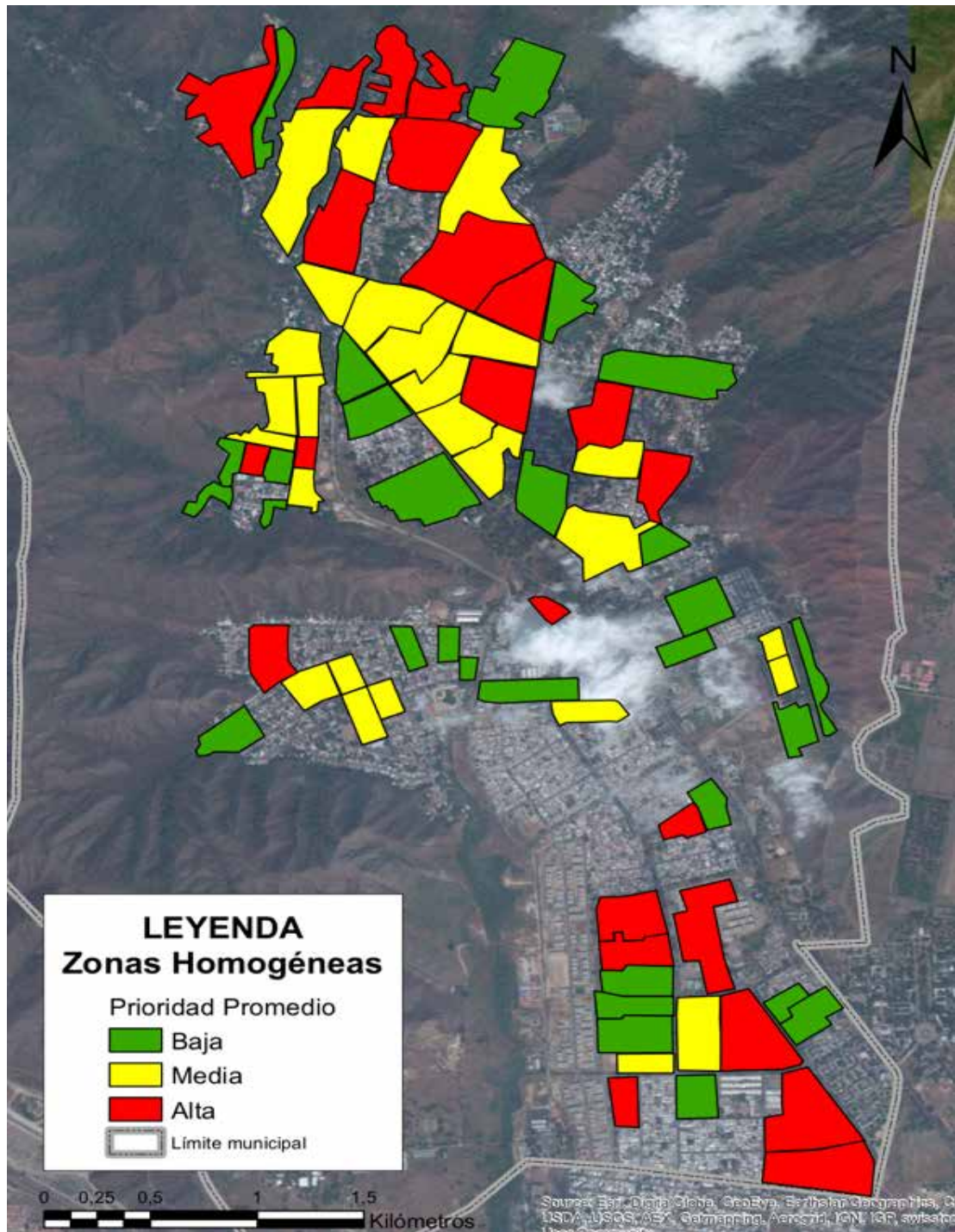


Figura A.6: Ubicación Satelital la Priorizaciones de las edificaciones del municipio Mario Briceño Iragorry.

Fuente: Funvisis 2018.