



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**



**INDICADORES DE RIESGO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE LA  
PARROQUIA RAFAEL URDANETA DEL AREA METROPOLITANA DE  
VALENCIA, PARA EL PROYECTO INTERNACIONAL GEM**

**Tutor:**

Ing. Slawko Bondarenko

Presentado ante la ilustre

Universidad de Carabobo

Por los Bachilleres:

Carrión D. Roberto Armando

C.I: 21.213.662

Colina P. María Lorena

C.I: 21.477.467

Naguanagua, Noviembre 2016



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**



**INDICADORES DE RIESGO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE LA  
PARROQUIA RAFAEL URDANETA DEL AREA METROPOLITANA DE  
VALENCIA, PARA EL PROYECTO INTERNACIONAL GEM**

**Tutor:**

Ing. Slawko Bondarenko

Presentado ante la ilustre

Universidad de Carabobo

Por los Bachilleres:

Carrión D. Roberto Armando

C.I: 21.213.662

Colina P. María Lorena

C.I: 21.477.467

Naguanagua, Noviembre 2016

## **Dedicatoria**

A mi dios, que me ayuda y protege en todos los caminos que he tomado en esta vida.

A mi familia cercana, mi mama, papa, hermana, abuelo y sobrino, que han velado por mí bien, socorrido en mis emergencias y enfermedades. Han dejado enseñanzas haciendo de mí un ser de bien y con principios.

A todos mis familiares, que se preocupan y están al pendiente de mi persona, se les quiere un montón.

A todos mis buenos amigos, los cuales aprecio y estimo mucho, siempre compartiendo conmigo y apoyándome en momentos buenos y malos, haciéndome sonreír hasta cuando todo pareciera ser negativo.

A todas esas personas que han pasado y son parte de mí día a día, dejando enseñanzas y aprendizajes que alguna u otra forma me son útiles...

**Roberto Armando Carrion D.**

## **Dedicatoria**

Esta meta alcanzada va dedicada especialmente a Dios y a la Santísima Virgen María por mantenerme viva, constante y con salud.

A mis pequeños que llenan de alegría mi vida especialmente Marianella, Santiago (Juan), Leonel, Jesús, Eloysa, Freddy (bubo), Dereck, Alexa; que con sus inocencias inspiran mis días.

Le dedico toda mi carrera a mi maravillosa familia: Elda, León, Nilda, Carla, Leonela.

A mi novio maravilloso Ángel Guillen y a su bella madre Tisbeth que han sido participe de este proyecto.

Te lo dedico a ti compañero de tesis Roberto Carrión por ser mi motor en tiempos difíciles.

Abuela Teresa a ti te dedico cada paso que doy en mí vida porque en ellos se refleja tus enseñanzas.

A mis amigos que con su compañía y buenos deseos han hecho de mi camino senderos placenteros, dulces y llenos de alegrías.

Este logro es para ustedes y por ustedes.

**Maria Lorena Colina Peñalver.**

## **Agradecimientos**

Este trabajo de grado no hubiera podido ser culminado sin la ayuda y apoyo, en todos los sentidos, de mis padres Roberto Aron Carrion, María Concepción Delgadillo, y abuelo Modesto Armando Delgadillo, siempre motivándome y llevándome a cumplir mis metas.

A la Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, por brindarme conocimientos a través de excelentes profesores y capacitadores apasionados por el estudio de la ingeniería civil.

A mi tutor y profesor, el Ingeniero Slawko Bondarenko, por dedicar parte de su tiempo en el asesoramiento, redacción y conclusión del presente trabajo de grado.

A la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), por la preparación y apoyo recibido para la realización de este trabajo.

A mis amigos más cercanos, Joanna Huguet, Dayana Morales, Selene Navas, Gabriel Zapata, Genessis Hernández y Raúl Pérez, los cuales me ayudaron a culminar el trabajo y han servido de gran apoyo moral.

**Roberto Armando Carrion D.**

## **Agradecimiento**

Le agradezco a Dios y a la Santísima Virgen María por ser mis padres espirituales, acompañarme en todo momento, protegerme y ser el motor de mi vida.

A León y Elda que tomaron la difícil tarea de ser padres, me educaron, orientaron, dieron sus mejores años de vida y brindaron su apoyo incondicional a cada segundo.

A mí querida abuela Teresa que estuvo conmigo orando por mí, brindándome su compañía y amor, soñaba con este momento pero que por su avanzada edad mi Dios la mandó a buscar a su reino.

A mí familia que en momentos difíciles siempre han estado brindando su fortaleza y amor en especial a mi hermosa tía que ha sido mi segunda madre, a Carla (tetas) que ha sido mi ejemplo de hermana, Leonel, Leonela que me dio a mis bellos sobrinos Marianella y Juan, a mis sobrino Jesús (más que sobrino mi hermano) y a mi pequeña Eloysa, Dingo que en toda mi vida educativa me ha acompañado.

Le agradezco a todos esos seres maravillosos que Dios colocó en mi vida que la llenan de alegría, motivación y brindan su apoyo condicional en todo momento, a Ángel Guillen un hombre espectacular que ha dejado de dormir con mis proyectos y soportando la presión natural que ejerce la universidad en mí, a su bella madre Tisbeth Hernández, la cual considero como mi madre que con su carisma y gran amor me aceptó en su familia.

A mis amigos Julibeth, Marialaura, Osnahir, Kreisner, César, Karen, Naira, Nayla, Leonardo, Dani y a mi gran compañero de tesis Roberto Carrión que me brindó su amistad, apoyo, conocimiento y que hizo posible esta meta.

A la ilustre Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería que con sus excelentísimos profesores me inculcaron sus conocimientos y formaron mi perfil

para mañana continuar en mis senderos en la universidad de la vida, en especial al profesor Iván Villanueva y al tutor Slawko Bondarenko.

A la sra. Carmen y a sus familiares que con sus empanadas dulces y café hicieron de mi estadía en la universidad tardes muy dulces.

A todos los mencionados y los anónimos mil gracias.

**María Lorena Colina Peñalver.**



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



## INDICADORES DE RIESGO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA RAFAEL URDANETA DEL AREA METROPOLITANA DE VALENCIA, PARA EL PROYECTO INTERNACIONAL GEM

**Autores:** Carrion D. Roberto Armando  
Colina P. María Lorena  
**Tutor:** Ing. Slawko Bondarenko

### RESUMEN

Este trabajo de grado tiene como principal planteamiento la vulnerabilidad de las edificaciones que se encuentran construidas sin tomar en cuenta criterios sismorresistentes, en particular, las edificaciones informales, ya que son estas las que requieren una atención prioritaria, por sus características y falta de criterios normativos que regulen la respuesta de los mismos ante un evento sísmico. Existe la necesidad de desarrollo de una base de datos, acerca de las características de las viviendas y edificaciones de la Parroquia Rafael Urdaneta, en particular los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico existentes en las 493 edificaciones tomadas como muestra, representando un aproximado de 55022 viviendas. Estas muestras fueron analizadas utilizando la metodología de inspección visual rápida, desarrollada por FUNVISIS y el uso de la aplicación móvil “Índices de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico” para generar una base de datos. Se pudo concluir que la zona posee unos índices de vulnerabilidad muy elevados, específicamente en 62,68% de las edificaciones, siendo los rangos de priorización entre P2 y P5, las barriadas fueron los lugares con mayor vulnerabilidad en el área. Adicionalmente, el estudio incorpora una evaluación de riesgo sísmico, que incluye la amenaza sísmica a la cual es sometida la zona, con lo cual se obtuvo un índice de priorización que califica a las edificaciones en un rango de atención que deben recibir en cuanto a la mitigar las deficiencias sismorresistentes que presentan, con el fin de reducir riesgos y prevenir ante eventos sísmicos de gran magnitud que puedan suscitarse.

**Palabras clave:** riesgo sísmico, vulnerabilidad, índice de priorización, edificaciones residenciales.



## INDICE GENERAL

INTRODUCCION .....	xiii
CAPITULO I .....	19
EL PROBLEMA .....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
OBJETIVOS.....	21
OBJETIVO GENERAL .....	21
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	21
JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	22
ALCANCE DE LA INVESTIGACION.....	23
Limitaciones de la investigación .....	24
MARCO TEORICO.....	26
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....	26
BASES TEORICAS .....	28
Sismos, temblores o terremotos .....	28
Sismología .....	28
Amenaza sísmica.....	29
Vulnerabilidad .....	30
Aspectos que condicionan la vulnerabilidad en Edificaciones.....	34
El año de construcción o antigüedad.....	34
Tipo de estructura.....	34
Existencia de irregularidades .....	35
Planta baja libre o entrepiso blando o débil.....	36
Concentración irregular de masas de uno de los pisos contiguos .....	37
Irregularidades con elevación .....	38
Columna corta.....	41
Discontinuidad de algún elemento estructural.....	43
Fuerte asimetría de masa o rigideces en planta.....	44

Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones .....	46
Choque en edificaciones.....	47
Torsión.....	48
Índice de priorización de edificaciones.....	50
Índice de amenaza .....	51
Índice de Vulnerabilidad .....	54
Índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad: I1 .....	55
Índice de vulnerabilidad del tipo estructural: I2 .....	56
Índice de Vulnerabilidad para las irregularidades (I3).....	59
Índice de Vulnerabilidad asociado con la profundidad del depósito: (I4) .....	62
Índice de Vulnerabilidad asociado con la topografía y drenajes (I5).....	63
Índice de Vulnerabilidad asociado con el Grado deterioro (I6) .....	64
Índice de Importancia.....	65
Fundación GEM (Global Earthquake Model).....	66
Reseña histórica de la parroquia Rafael Urdaneta del Área Metropolitana de Valencia.....	70
CAPITULO III.....	74
MARCO METODOLOGICO .....	74
Tipo de investigación .....	74
Tipo de estudios .....	74
Diseño de la Investigación.....	75
Población y muestra .....	76
Técnicas de recolección de datos .....	77
Fases de la investigación .....	77
Fase I .....	78
Caracterización de la zona de estudio .....	79
Fase II.....	80
Aplicación móvil para recolección de características sismorresistentes de edificios .....	84
Fase III.....	85

Fase IV .....	86
Determinación del índice de Amenaza.....	86
Determinación del índice de vulnerabilidad .....	87
Determinación del índice de riesgo.....	88
Índice de importancia .....	88
Índice de Priorización.....	89
CAPITULO IV.....	91
ANALISIS Y RESULTADOS .....	91
Datos y resultados más relevantes obtenidos con la Planilla de Inspección de Edificaciones.....	94
Distribución de las viviendas según periodo de construcción .....	94
Tipo estructural de las edificaciones .....	96
Distribución de las irregularidades presentes en las edificaciones .....	99
Distribución de las edificaciones según la presencia de drenajes en las calles de los urbanismos y barriadas .....	100
Distribución según el grado de deterioro del concreto en las edificaciones de la parroquia.....	102
Distribución según el grado de deterioro del acero en las edificaciones de la parroquia.....	103
Distribución del estado de agrietamiento en paredes de relleno de las edificaciones estudiadas .....	105
Distribución del estado general de mantenimiento de las edificaciones estudiadas.....	107
Distribución del uso de las edificaciones existentes en la parroquia .....	108
Distribución del esquema de planta de las edificaciones de la parroquia .....	110
Distribución del esquema de elevación de las edificaciones de la parroquia ...	111
Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones analizadas .....	113
Evaluación del riesgo en las edificaciones analizadas .....	115
Distribución de la priorización según las edificaciones analizadas .....	117
CONCLUSIONES .....	119
RECOMENDACIONES .....	121

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	123
ANEXOS .....	125

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Colapso del Quinto piso (Débil) .....	36
Ilustración 2: Falla de piso blando en columnas de grandes dimensiones. ....	37
Ilustración 3: Colapso de tanques para agua en un hospital.....	38
Ilustración 4: Irregularidades verticales.....	39
Ilustración 5: Irregularidad Vertical. ....	39
Ilustración 6: Irregularidades Verticales: Criterios Norma Venezolana. ....	40
Ilustración 7: Torre Balgres, Caracas-Venezuela.....	41
Ilustración 8: Falla Frágil, columna corta y poco esfuerzo transversal. ....	42
Ilustración 9: Ejemplo de fuerza cortante en columnas cortas. Blanco, 2012.....	42
Ilustración 10: Ejemplo de discontinuidad en el plano resistente a cargas laterales. ....	43
Ilustración 11: Planta de gran longitud. ....	44
Ilustración 12: Ejemplos de plantas de forma irregular y su posible solución. ....	45
Ilustración 13: Plantas regulares. ....	46
Ilustración 14: Ausencia de vigas.....	47
Ilustración 15: Interacción entre edificios de diferente rigidez. ....	48
Ilustración 16: Torsión: Problema-Posible solución.....	49
Ilustración 17: Edificio Miramar-Cumana, después del sismo de 1997. ....	50
Ilustración 18: Macrozonas del Area Metropolitana de Caracas.....	53
Ilustración 19: Zonas donde se consideran los efectos topográficos en el Índice de Amenaza IA.....	54
Ilustración 20: Construcciones en las cuales se considera vulnerabilidad asociada con la topografía I5.....	63
Ilustración 21: Edificio multifamiliar de apartamentos en zona de La Isabelica. ....	72
Ilustración 22: Vivienda típica Unifamiliar en Zona de Los Bucares, Flor Amarillo. ....	72
Ilustración 23: Delimitación de Zona Homogénea.....	78
Ilustración 24: Planilla de inspección de edificaciones (Parte I).....	82
Ilustración 25: Planilla de inspección de edificaciones (Parte 2).....	83
Ilustración 26: Imágenes de la aplicación móvil. ....	85
Ilustración 27: Delimitación de Zona Homogénea 38 "El Portal". ....	92
Ilustración 28: Diferencia Zonas Homogéneas (Barrio-Edificio alta densidad). ....	93
Ilustración 30: Vivienda construida con muros de concreto en una dirección. ....	96
Ilustración 30: Edificación de mampostería de baja calidad calificada como "Muy Vulnerable".....	113
Ilustración 31: Ejemplo de delimitación de zonas homogéneas.....	125
Ilustración 32: Ubicación de inspecciones realizadas en la Herramienta Google Earth, Zona Homogénea 34, 37, 38 y 43. ....	126
Ilustración 33: Ubicación de inspecciones de la zona de Bello Monte y Los Samanes en el "Mapa de inspecciones" AppBD.....	127
Ilustración 34: Ubicación de inspecciones de la zona de Parque Valencia en el "Mapa de inspecciones" AppBD.....	128

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de Richter. ....	29
Tabla 2: Valores del índice de Amenaza (IA).....	51
Tabla 3: Macrozonas de Caracas.....	52
Tabla 4. Índices de Vulnerabilidad específica (Ii) y pesos relativos ( $\alpha_i$ ).....	55
Tabla 5: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con Tipo Estructural (I2) .....	58
Tabla 6: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con irregularidades (I3j) .....	61
Tabla 7: Separación entre edificaciones .....	62
Tabla 8: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con la profundidad del depósito (I4). .....	62
Tabla 9: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con la topografía y a los drenajes (I5) .....	64
Tabla 10: Valores del índice de Vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I6) .....	65
Tabla 11: Clasificación según el uso del edificio.....	66
Tabla 12: Valores del índice de importancia (II) .....	66
Tabla 13: Promedio de Personas por vivienda. ....	86
Tabla 14: Valoración del Índice de Vulnerabilidad.....	88
Tabla 15: Valoración del índice de Riesgo (IR). ....	88
Tabla 16: Valores del índice de Importancia (II). ....	89
Tabla 17: Valoración del índice de Priorización (IP). ....	90

## INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1: Distribución Grafica porcentual de las edificaciones según año de construcción.	95
Grafica 2: Distribución numérica de las edificaciones según año de construcción. ....	95
Grafica 3: Distribución Grafica porcentual de las edificaciones según tipos constructivos. .	98
Grafica 4: Distribución numérica de las edificaciones según tipo constructivo.....	98
Grafica 5: Distribución Grafica porcentual de las edificaciones según sus irregularidades estructurales. ....	100
Grafica 6: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según la presencia de drenajes. ....	101
Grafica 7: Distribución de las edificaciones por presencia de drenajes. ....	101
Grafica 8: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su daño a la estructura de concreto. ....	102
Grafica 9: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de deterioro a la estructura de concreto. ....	103
Grafica 10: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según el grado de deterioro a su estructura de acero. ....	104
Grafica 11: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de deterioro en su estructura de acero. ....	104
Grafica 12: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su grado de deterioro en paredes de relleno. ....	106
Grafica 13: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de deterioro en paredes de relleno. ....	106
Grafica 14: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según estado de mantenimiento. ....	107
Grafica 15: Distribución numérica de las edificaciones según su estado de mantenimiento. .....	108
Grafica 16: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su uso. ....	109
Grafica 17: Distribución numérica de las edificaciones según su uso. ....	109
Grafica 18: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su esquema de planta. .....	110
Grafica 19: Distribución numérica de las edificaciones según su esquema de planta. ....	111
Grafica 20: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su esquema de elevación. ....	112
Grafica 21: Distribución numérica de las edificaciones según su esquema de elevación....	112
Grafica 22: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su vulnerabilidad sísmica. ....	114
Grafica 23: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de vulnerabilidad sísmica. ....	114
Grafica 24: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su riesgo ante eventos sísmicos. ....	116

Grafica 25: Distribución grafica de las edificaciones según su riesgo ante eventos sísmicos. .....	116
Grafica 26: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su grado de Priorización. ....	118
Grafica 27: Distribución numérica de las edificaciones según su Priorización. ....	118



## INTRODUCCION

El estudio y determinación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico en una zona, ciudad o región es de suma importancia para la planificación y gestión urbana. Básicamente, el riesgo es la consecuencia de la combinación de dos características, la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural y la vulnerabilidad o resistencia de un determinado objeto que este expuesto a este fenómeno. Implicando enormemente a la comunidad que hace vida en los espacios expuestos.

Actualmente existen diferente metodologías para determinar el riesgo sísmico que puede existir en una estructura o componente que integre el complejo urbano de una ciudad. Siendo de gran interés la aplicación de las mismas para conocer el grado en que estas edificaciones se encuentran, siendo las viviendas y hogares de importancia, por ser el refugio y patrimonio individual de cada ciudadano.

En general, las prácticas constructivas realizadas sin cumplir alguna normativa establecida para el diseño y construcción, han ocasionado que las edificaciones signifiquen un elemento altamente vulnerable dentro de un complejo urbano determinado.

Venezuela es poco conocida por ser un país sísmico, sin embargo se han suscitado fenómenos de este tipo de gran magnitud, como es el caso del sismo de Caracas de 1967, donde un gran conjunto de personas y edificaciones se vieron afectadas. Es a partir de este año cuando se empieza a considerar y exigir para los proyectos y construcciones la consideración de criterios sismorresistentes. Esta información básica se tomaba de las normas y estudios de estos problemas en otros países.

Es a partir del año 1982 cuando se crea la primera norma sismorresistente de Venezuela (COVENIN-1982), la cual empieza a tomar criterios y novedades, tales como dimensionamiento de columnas y vigas, y se actualizan los mapas de zonificación sísmica incorporando nuevas escalas. La última actualización de esta norma es la publicada en 2001 bajo el nombre de “Edificaciones Sismorresistentes COVENIN 1756-1:2001”.

Debido a la existencia de una amenaza sísmica real en los países de la Región Andina, y dados los costos que implica la compra de importantes herramientas de evaluación de riesgo para muchos organismos de los países, la fundación GEM (Global Earthquake Model), en cooperación con FUNVISIS, dirige un ambicioso plan en el cual genera una colección de información de riesgo sísmico (modelos, métodos, manuales guía y conjuntos de datos) que viene a compensar la falta de desarrollo de esta área y ayudar a tomar acciones que incrementen la respuesta ante estos eventos.

En el presente trabajo se genera el estudio de alrededor de 55022 viviendas de la Parroquia Rafael Urdaneta del Área Metropolitana de Valencia, de las cuales se obtuvieron los diferentes niveles de vulnerabilidad, riesgo y priorización a través de la metodología suministrada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

La distribución de este trabajo de grado se hace dividiéndola en cuatro capítulos, los cuales describen el problema sujeto a estudio, los antecedentes de este tipo de investigaciones así como las bases teóricas en las que se sustenta, la metodología empleada y la manera como se desglosó, y los resultados generados, así como las conclusiones y recomendaciones dadas por parte los elaboradores.

En el Capítulo I se tocara el planteamiento del problema, estudiado en esta investigación, así como los objetivos que se plantean cumplir, la justificación de la investigación y las limitaciones que se tienen en este tipo de trabajo.

En el Capítulo II se presentan los antecedentes en forma de trabajos que existen sobre el tema en cuestión, así como las bases teóricas en las que se fundamenta la investigación. Se desarrollan los tipos de vulnerabilidad y debilidades que hacen de las estructuras potencialmente riesgosas, se presenta además el método empleado para generar los índices de riesgo y priorización, así como la reseña histórica de la Parroquia Rafael Urdaneta.

El Capítulo III se basa en los aspectos metodológicos que fueron empleados para llevar a cabo los objetivos planteados en el Capítulo I, las fases que debieron cumplirse. Además, se menciona el tipo de muestra que se utilizó para recabar los datos, así como los instrumentos empleados para lograr la recolección de los mismos.

Finalmente, en el Capítulo IV, se analizaron los datos y resultados obtenidos por la “Planilla de Inspección de Edificaciones”, detallada en el Capítulo III, tras la realización de las visitas a la zona en estudio. Los datos considerados como de importancia mencionar fueron, entre otros, el año de construcción de la edificación, el uso que tiene la edificación, el tipo estructural que predomina en la misma, así como las irregularidades y grado de deterioro que puede tener. Los resultados fueron, producto de la metodología y cálculos procesados, los niveles de vulnerabilidad, riesgo y priorización de la edificación estimados para cada edificación tomada como muestra.

Se presentan las conclusiones que se generaron, tocando el tema de los objetivos cumplidos, los puntos críticos y debilidades en cuanto al tema de vulnerabilidad y riesgo, así como sobre la priorización que a las edificaciones fueron

otorgadas. Además se presentan recomendaciones que deberían tomarse en cuenta a la hora de realizar nuevas investigaciones acerca de esta problemática.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hoy en día la cantidad de desastres a nivel mundial se encuentra en aumento alarmante. Los efectos negativos de estos desastres tienen un mayor impacto en los países en desarrollo donde la pobreza aumenta los niveles de vulnerabilidad.

El movimiento sísmico es un fenómeno natural con el cual la humanidad ha tenido que lidiar desde tiempos remotos debido a las diferentes fallas geológicas que se presentan en el planeta Tierra, producto del movimiento o interacción de sus placas tectónicas. De ello surge el riesgo sísmico, siendo el resultado de la combinación de la amenaza o probabilidad de ocurrencia del sismo y la vulnerabilidad de los elementos expuestos al mismo, susceptibles de sufrir daños generando pérdidas económicas y en el peor de los casos pérdidas de vida humana. Es uno de los más preocupantes no solo por sus efectos directos de las vibraciones sino, también, por su capacidad detonante de otros procesos desastrosos como la licuación del suelo y los deslizamientos de tierra.

Actualmente se han desarrollado nuevas metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras (viviendas, edificios esenciales, entre otros.), así como el posible daño que pueden sufrir ante un terremoto.

Venezuela no escapa de esta realidad, al haber sufrido sismos de mediana a gran magnitud a lo largo de su historia, los cuales han dado a notar ante los ojos de la población y en particular de los expertos en este campo, la amenaza que representan estos eventos y el estado de vulnerabilidad existente debido a su posición geográfica, ubicada entre la placa del Caribe y la placa Suramericana.

En el país la zona de mayor actividad sísmica corresponde a una franja de unos 100 km de ancho definida por los sistemas montañosos de los Andes, la cordillera oriental y la cordillera central, identificándose una serie de fallas sismogénicas, entre las principales están la de Boconó, San Sebastián, El Pilar, Oca-Ancón, Valera, La Victoria y Úrica, responsables de los diferentes sismos que han ocurrido en el país, convirtiéndose en una región vulnerable ante este tipo de evento, por lo que se han realizado estudios que permiten una evaluación previa del riesgo, con el desarrollo de un mapa de zonificación sísmica que divide el territorio nacional en varias zonas, identificadas por números en un rango del 0 al 7 según sea el grado de peligrosidad sísmica.

El estado Carabobo presenta amenaza sísmica elevada debido a la cantidad de fallas tectónicas que lo atraviesan, afectando a varios municipios como Carlos Arvelo y zona sur de los municipios Valencia y Libertador, según el mapa de zonificación sísmica de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) en la norma venezolana COVENIN 1756-2001 “ Edificaciones Sismorresistentes” se encuentran en una región de peligro sísmico intermedio (zona 4), debido a la influencia de las fallas del río Guárico, La Victoria y Morón. Los municipios Guacara, San Diego, Naguanagua, Montalbán, Miranda, Los Guayos, Juan José Mora, Puerto Cabello, Bejuma, San Joaquín, Diego Ibarra, la parte norte de los municipios Valencia y Libertador se encuentran en una región de peligro sísmico elevado (zona 5).

La parroquia Rafael Urdaneta es una de las 23 parroquias urbanas de la ciudad de Valencia y una de las 38 parroquias civiles que integran al estado Carabobo, es cuna de las zonas industriales más grandes e importantes, cuenta con 20 urbanizaciones y 10 barriadas aproximadamente.

La norma ha sido actualizada a medida que se van ocurriendo los eventos sísmicos en el país, es por esto que se requiere examinar las estructuras o edificaciones que fueron construidas en años anteriores a la norma vigente o en el peor de los casos, fueron construidas sin ninguna consideración normativa, por lo que es predecible entonces suponer un buen número de edificaciones en estado de vulnerabilidad y riesgo sísmico.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar indicadores de riesgo sísmico de la parroquia Rafael Urdaneta de la ciudad de Valencia, municipio Valencia del Estado Carabobo a partir de inspecciones y datos del censo de población y vivienda.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Definir zonas homogéneas con predominio de las edificaciones a estudiar, mediante el uso de imágenes satelitales.
2. Realizar un muestreo mediante inspecciones en sitio de las características sismorresistentes de los edificios, quintas y casas de las zonas seleccionadas, mediante el uso de planilla de índices de priorización de edificios para la gestión del riesgo sísmico, FUNVISIS.

3. Determinar indicadores de amenaza, importancia, vulnerabilidad, riesgo sísmico y priorización de las edificaciones inspeccionadas.

## **JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

La determinación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones en Venezuela es necesario, aplicado como un estudio a gran escala en zonas de diferentes sectores con condiciones particulares y representativas desde el punto de vista de las técnicas de construcción por estar ubicada en una zona de alta actividad sísmica, expuesta a sufrir movimientos telúricos que pueden ocasionar pérdidas económicas y en el peor de los casos pérdida de vidas humanas.

La mayoría de la población se encuentra en zonas de alto riesgo sísmico producto al clima y topografía de las mismas, como es la parte norte del país y los Andes, que representan un atractivo para la mayoría de los ciudadanos.

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños ante un sismo intenso. Las formas y estrategias para implementar las medidas de prevención y mitigación en las edificaciones residenciales (casas y edificios), dependerán de si estos ya existen o están por construirse.

Se pretende conocer el índice de vulnerabilidad sísmico en diferentes edificaciones (casas y edificios) de la ciudad de Valencia específicamente en la parroquia Rafael Urdaneta, con el fin de tener una base de datos de los índices de vulnerabilidad de las estructuras existentes al momento de una amenaza telúrica, información importante para las autoridades responsables al momento de enfocar sus planes de acción y mitigación de los recursos existentes para enfrentar este problema, para esto se utilizara un sistema de información geográfica (Google Earth), en este caso el software utilizado será ArcGIS.9.3, que facilitara la división de las zonas



homogéneas de la parroquia, la inspección rápida de la estructura y la respuesta de la planilla de la Fundación Venezolana de Investigación Sísmica (FUNVISIS).

La importancia de conocer la vulnerabilidad de las edificaciones residenciales ubicadas en la parroquia Rafael Urdaneta desde el punto de vista sismo-resistente, radica en el inicio de una búsqueda de alternativas para la solución de las estructuras existentes que representen un riesgo para la comunidad, así como las edificaciones que se están construyendo sin tomar en cuenta las consecuencias que puede tener al no considerarse los requerimientos indicados en la norma COVENIN 1756-2001 EDIFICACIONES SISMO-RESISTENTES, lo que se quiere con este trabajo es conocer mediante el índice de vulnerabilidad que tan afectada puede presentarse la estructura ante un evento sísmico para que en un futuro se generen soluciones estructurales como el reforzamiento de los miembros estructurales, así como también impulsar la participación de los distintos organismos competentes y demás entes gubernamentales con el fin de lograr el desarrollo de planes y medidas de mitigación.

## **ALCANCE DE LA INVESTIGACION**

La presente investigación se realizará en la parroquia Rafael Urdaneta del área metropolitana de Valencia, dentro de la cual se delimitaran zonas homogéneas considerando el tipo de construcción de las edificaciones residenciales (casas y edificios). Se tendrá un rango de muestreo debido a que muchas de las edificaciones poseen el mismo sistema constructivo.

Se creará una base de datos que permita tener una proyección de lo vulnerable que es la zona ante un evento sísmico, se realizaran inspecciones rápidas de las edificaciones (casas y edificios) y mediante una breve entrevista a uno de los

habitantes se llenará la planilla creada por la Fundación Venezolana de Investigación Sísmica (FUNVISIS), con los datos obtenidos se calculará el índice de vulnerabilidad sísmica de la estructura.

Se tomarán fotos de las fallas estructurales y no estructurales de las casas o edificios inspeccionados como documentación del déficit en la técnica constructiva de la misma, para considerar con este registro y apoyada en la planilla anteriormente mencionada que tan vulnerable es la estructura ante la actividad sísmica de la región.

## **LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Se abarcará en esta investigación solo la parroquia Rafael Urdaneta enfocado en edificaciones residenciales (casas y edificios) sin considerar estructuras con otros usos (hospitales, zonas comerciales, oficinas, zonas educativas, zonas industriales), debido a lo extenso del área.

Este estudio no determinará la respuesta estructural de la edificación ante el evento sísmico, solo obtendrá la prioridad que posee la estructura en cuanto a la evaluación por parte de los especialistas en diseño sismorresistente y su adecuación con la norma actual, mediante el índice de vulnerabilidad sísmica.

El trabajo no contempla el análisis de capacidad resistente. El análisis solo se realizará de acuerdo a las características visuales u observables en la estructura a nivel cuali-cuantitativo.

Una limitación importante es el tiempo que se empleará en la revisión de las edificaciones, debido a este factor se tomarán muestras representativas de cada zona homogénea.

En la investigación, existirán zonas de la parroquia donde no se hará una documentación con material fotográfico, dadas las características de la zona en cuanto a falta de seguridad y resguardo de los integrantes de la presente investigación.

El inicio del presente trabajo involucra incertidumbres que pueden irse reduciendo en la medida que se realicen investigaciones teóricas más específicas y evaluaciones más amplias que permitan aplicar esta metodología a todo el territorio nacional.

Finalmente, se debe considerar como limitación la falta de disponibilidad o disposición que los entrevistados de este estudio puedan tener acerca de dar algunos datos que puedan considerar personales (nombre, número de teléfono, correo, algunas características de su vivienda, etc.).

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

A continuación se describen algunos trabajos que guardan relación con el tema de la investigación realizada:

En el año 2014, en la ciudad de Caracas, el Departamento de Ingeniería Sísmica de FUNVISIS realizó un informe técnico titulado “Índices de priorización de Edificios para la Gestión del riesgo Sísmico”, en el cual se propone un procedimiento para asignar índices de priorización de edificaciones para la gestión del riesgo sísmico en poblaciones del país. El procedimiento propuesto se acompaña con una planilla de inspección especialmente diseñada 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. Concluyéndose que, conocidos los índices de priorización de un volumen de construcciones de una ciudad, se procederá a seleccionar las más críticas que irán a la siguiente fase de estudios detallados y a la toma de decisiones para el refuerzo y adecuación estructural sismorresistente.

En el año 2003, en la ciudad de Cali, se presenta una tesis de grado realizada por Lina Fernanda Llanos López y Lina María Vidal Gómez, titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica”, realizada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. En este trabajo se evaluó el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas públicas de la ciudad de Cali, en donde, para la evaluación se definió, con base en la información del lugar de emplazamiento, una población estudiada de 70 establecimientos que fueron visitados con el objetivo de recoger datos preliminares,

para seleccionar una muestra específica de veinte (20) de ellos, dentro de la cual se logró representar las tipologías estructurales y constructivas presentes en las muestras estudiadas, al igual que las formaciones geológicas superficiales, sobre las cuales se encuentran asentadas. Determinándose que cincuenta y seis por ciento (56%) de las escuelas de la población estudiada son altamente vulnerables y que 16 de ellas pueden representar un riesgo para las personas, incluso antes de que ocurra un sismo fuerte.

En el año 2010, en la ciudad de Valencia, es presentado un trabajo de grado titulado “Determinación del índice de vulnerabilidad estructural ante amenaza sísmica de las edificaciones en la Parroquia Rafael Urdaneta del municipio Valencia, Estado Carabobo”, realizada por Erika Acevedo y Leonard Sumoza como requisito para optar para el título de Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. En este trabajo se determinó el índice de vulnerabilidad estructural ante la amenaza sísmica de las edificaciones ubicadas en la Parroquia Rafael Urdaneta de dicho municipio mediante la aplicación del método de Inspección Visual Rápida ATC-21 (utilizada por sus siglas FEMA) de la Agencia Federal de Manejo de Emergencias de los Estados Unidos. En la presente investigación se tomó un índice en base a 2 en el cual, para valores inferiores a 2, se requiere de una revisión detallada por un especialista. Una vez obtenidos los resultados de las inspecciones se ilustraron en un sistema de información geográfica (ArcGis) para un mejor análisis y comprensión de las edificaciones evaluadas. Se pudo concluir que el 80,35% de las edificaciones evaluadas requieren revisión detallada por un especialista, colocando a la parroquia con una alta vulnerabilidad estructural.

## **BASES TEORICAS**

### **Sismos, temblores o terremotos**

Un temblor, sismo o terremoto, consiste en una serie de vibraciones en las rocas que se propagan en todas direcciones en forma de ondas, conociendo el hombre aquellas ondas superficiales que afectan su hábitat, debido a la fuerte intensidad de algunos de ellos. Estas ondas sísmicas son producidas por la liberación de energía ocurrida en los movimientos de grandes bloques de roca, los que son generados en grandes fallas (límites de placas tectónicas en separación, en colisión o en deslizamiento lateral); existen también temblores menores o locales (producidos por fallas pequeñas y por explosiones provocadas por volcanes o por el hombre).

La voz popular denomina Temblor a aquellos movimientos que son sentidos por el hombre (baja magnitud); Sismo, al temblor que se siente y causa algunos destrozos en construcciones (mediana magnitud); Terremoto, a aquellos movimientos que son tan fuertes que producen graves daños al hábitat del hombre (gran magnitud).

### **Sismología**

La sismología estudia los temblores, sismos o terremotos y sus ondas sísmicas, registradas en forma precisa por instrumentos denominados sismógrafos.

Cada año ocurren numerosos temblores registrados por sismógrafos, pequeños de magnitud inferior a 1 hasta magnitud 3.4, sin ser sentidos por el humano; a partir de la magnitud 5 empiezan a ocurrir daños y son sentidos prácticamente por todos, incrementándose estos daños en temblores de intensidad

superior hasta llegar a 8 y más, con la casi destrucción total, siendo estos grandes temblores que ocurren cada 5 a 10 años, registrados en la historia por los grandes disturbios provocados. (Tomado de tesis sismo, terremoto o temblores)

#### ESCALA DE RICHTER

MAGNITUD	EFFECTOS EN AREAS POBLADAS	TEMBLORES POR AÑO
8.0 - o más	Daño casi total	0.1-0.2
7.4 - 7.9	Grandes daños	4
7.0 - 7.3	Serios daños	15
6.2 - 6.9	Daños considerables en construcciones	100
5.5 - 6.1	Ligeros daños en construcciones	500
4.9 - 5.4	Sentido por todos	1,400
4.3 - 4.8	Sentido por muchos	4,800
3.5 - 4.2	Sentido por algunos	30,000
menos de 1 - 3.4	No sentido, pero registrado	800,000

Tabla 1: Escala de Richter.

Autor: González, 1990.

#### Amenaza sísmica

La 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 período de tiempo.

La Amenaza Sísmica puede calcularse a nivel regional y a nivel local, para lo cual se deben considerar los parámetros de fuentes sismogénicas, así como también

los registros de eventos sísmicos ocurridos en cada zona fuente y la atenuación del movimiento del terreno.

La amenaza sísmica generalmente se representa mediante mapas con curvas de isoaceleración para diferentes períodos de retornos y mediante espectros de pseudovelocidad 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.

En Venezuela, el Mapa de Amenaza Sísmica se toma en cuenta para el diseño de edificaciones, mediante la aplicación de la norma sismorresistente (COVENIN-MINDUR 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  $A_0$  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.

## **Vulnerabilidad**

Para analizar el término vulnerabilidad debemos proceder a determinar su origen etimológico. En este caso, cabe resaltar que esta palabra emana del latín ya que está conformada por tres partes latinas claramente diferenciadas: el sustantivo *vulnus*, que puede traducirse como “herida”; la partícula *abilis*, que es equivalente a



“que puede”; y finalmente el sufijo dad, que es indicativo de cualidad. (Tomado de tesis vulnerabilidad Cali).

La vulnerabilidad se define entonces como la predisposición de un sistema, elemento, componente, grupo humano o cualquier tipo de elemento, a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica. Como tal, la vulnerabilidad debe evaluarse y asignarse a cada uno de los componentes expuestos y para cada uno de los tipos de amenazas considerados. (ERN, 2011).

- Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural se refiere al daño o afectación que sufrirá un activo determinado ante una amenaza dada. Usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para reparar el bien afectado y llevarlo a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento y la incertidumbre asociada.

La vulnerabilidad se expresa por lo tanto en términos de la llamada “función de vulnerabilidad”. La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico.

Las funciones de vulnerabilidad pueden evaluarse mediante diferentes técnicas incluyendo:

- ❖ Observaciones del comportamiento de diferentes tipos estructurales ante fenómenos que producen desastres.

- ❖ Estudios experimentales de componentes estructurales particulares sometidos a acciones externas que modelan los efectos de las amenazas a considerar.
  - ❖ Estudios analíticos de componentes estructurales o de estructuras completas particulares sometidos a acciones externas que modelan los efectos de las amenazas a considerar.
  - ❖ Experiencia acumulada de expertos.
  - ❖ Funciones publicadas en la bibliografía internacional. (ERN, 2011).
- 
- Daños estructurales

La ductilidad y redundancia estructural han resultado ser los medios más efectivos para proporcionar seguridad contra el colapso, especialmente si los movimientos resultan más severos que los anticipados por el diseño. El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente

El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente.

A causa 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 exceso de esfuerzos de flexo-compresión. En vigas, 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 abajo 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 viga-columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas, a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.

En las losas se pueden presentar grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la placa, debido a la excesiva demanda por flexión que en ciertas circunstancias puede imponer el sismo. Este tipo de daños se han visto reiteradamente en muchas edificaciones hospitalarias sometidas a movimientos sísmicos fuertes y moderados.

Irregularidades en altura, traducidas en cambios repentinos de rigidez entre pisos adyacentes, hacen que la absorción y disipación de energía en el momento del sismo se concentren en los pisos flexibles, donde los elementos estructurales se ven sobre solicitados. Las irregularidades en planta de masa, rigidez y resistencia pueden originar vibraciones torsionales que generan concentraciones de esfuerzos difíciles de evaluar, razón por la cual una mayor exigencia en este tipo de aspectos debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar arquitectónicamente las edificaciones. (OPS, 2004).

## **Aspectos que condicionan la vulnerabilidad en Edificaciones**

### **El año de construcción o antigüedad**

La edad de las construcciones está relacionada de forma directa con los daños observados durante los sismos. Así, por ejemplo, un gran porcentaje de las normativas de diseño sismorresistente en todo el mundo, datan de menos de 50 años, con lo cual, construcciones anteriores a esta época, fueron diseñadas sin ningún tipo de consideración sismorresistente. Por otra parte, en los edificios de mampostería no reforzada, el deterioro de los ladrillos y del mortero, por la erosión causada por el clima y su degradación con el paso de los años, es más evidente.

Es importante conocer el año de construcción y norma utilizada, para poder así calcular el índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad.

El Código Sísmico Venezolano COVENIN 1756-2001, esta conceptualmente basado sobre la expectativa del comportamiento inelástico de los elementos estructurales cuando se les somete a los efectos de fuertes terremotos, sobre la base de una baja probabilidad de ocurrencia. Los conceptos fundamentales son los siguientes: La estructura debe ser capaz de responder elásticamente a eventos sísmicos de pequeña magnitud sin daños. Los daños causados por pequeños a moderados eventos sísmicos en elementos no estructurales deben ser bajos y reparados económicamente. El diseño puede permitir riesgos a serios daños estructurales bajo la acción de fuertes terremotos, pero debe prevenir el colapso de la estructura.

### **Tipo de estructura**

La estabilidad de una estructura es la que garantiza que cumpla con las condiciones de resistencia, al ser solicitada por las acciones exteriores que pueden

actuar sobre ella. La deformación limitada implica el que se mantenga dentro de unos parámetros constructivos que van marcados por la utilización de la estructura, razones constructivas y otras.

El sistema de diseño estructural como son pórticos o muros de concreto, acero y mampostería; dependiendo de su tipo, condicionan la vulnerabilidad de la edificación haciendo que unas sean más capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante pórticos, muros estructurales de concreto armado o de sección mixta acero concreto. En estructuras de acero pueden ser pórticos con diagonales excéntricas, concéntricas, con cerchas, entre otros.

Por último, las estructuras de mampostería son las que no poseen diafragmas con la rigidez y resistencia necesarias para distribuir eficazmente las fuerzas sísmicas entre sus diversos miembros verticales.

### **Existencia de irregularidades**

Con la finalidad de mitigar desastres originados por terremotos, mediante el análisis exhaustivo de múltiples colapsos estructurales, diferentes investigadores e ingenieros reconocidos mundialmente fueron identificando sus múltiples causas y determinaron que la influencia de la forma geométrica de una edificación conjugada con las condiciones locales del suelo y topografía, eran la clave para entender el comportamiento estructural. Es muy importante tener en cuenta que mientras los esquemas arquitectónicos – estructurales se alejan más de los esquemas simples, las edificaciones son más castigadas por los sismos. En la actualidad estas irregularidades son definidas en la mayoría de los códigos de diseño sismoresistente (norma COVENIN 1756-2001) con la finalidad de tener un grupo de criterios mínimos necesarios para lograr diseños sismorresistentes adecuados.

## **Planta baja libre o entrepiso blando o débil**

Algunos sistemas arquitectónicos conllevan a la formación de pisos cuya rigidez y/o resistencia es significativamente menor que la del resto de los niveles, haciéndolos más vulnerables. Esto se puede atribuir a la diferencia de altura entre pisos consecutivos o a la ausencia de algún elemento estructural.



Ilustración 1: Colapso del Quinto piso (Débil)

Fuente: FUNVISIS, 2014

El origen de este problema, por lo general, reside en consideraciones arquitectónicas realizadas sobre terrenos en colinas, rellenos de porciones con material no estructural pero rigidizante para crear una faja de ventanas altas, elevación de una porción del edificio sobre el nivel del terreno mediante elementos altos, en tanto que otras áreas se apoyen sobre columnas más cortas, o bien, rigidización de algunas columnas con una mezzanina o desván, mientras otras se dejan de doble altura sin rigidizarlas. Estas configuraciones generan una columna

corta que es más rígida, y bajo cargas laterales, atraerá fuerzas que pueden estar desproporcionadas con su resistencia.



Ilustración 2: Falla de piso blando en columnas de grandes dimensiones.

Fuente: Bertero V, (1971)

### **Concentración irregular de masas de uno de los pisos contiguos**

Esto se refiere a problemas ocasionados por concentraciones de masa en algún nivel de la edificación, al colocar elementos de gran peso como equipos, tanques, piscinas, archivos, depósitos, entre otros. Debido al hecho de que el problema se agrava si dicha concentración se localiza en los pisos más elevados, ya que a mayor altura, mayor aceleración sísmica de respuesta.



Ilustración 3: Colapso de tanques para agua en un hospital.

Fuente: Cardona, (2004)

### **Irregularidades con elevación**

Son problemas referentes a las irregularidades verticales al estar presentes en las edificaciones, las reducciones bruscas de un nivel a otro, ya que tienden a amplificar la vibración en la parte superior y son particularmente críticas. El comportamiento de un edificio ante un sismo es similar a una viga en volado, donde el aumento de la altura implica un cambio en el periodo de la estructura que incide en el nivel de la respuesta y magnitud de las fuerzas. Deben evitarse, en lo posible, los escalonamientos y tratar que los cambios de un nivel a otro sean lo más suaves posibles, sobre todo en edificaciones tan importantes como hospitales y centros de salud.

La proporción es un aspecto que puede ser más importante que el tamaño o altura, ya que mientras más esbelto es el edificio, mayor es el efecto de voltearse ante un sismo, la contribución de los modos superiores es importante y el edificio puede hacerse inestable por el efecto  $P-\Delta$ .



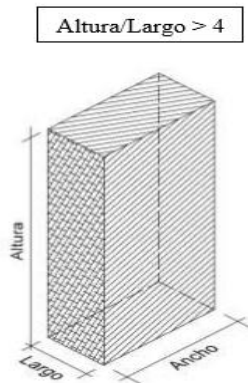


Ilustración 4: Irregularidades verticales.

Fuente: Norma COVENIN 1756-2001

El escalonamiento consiste en una o más reducciones abruptas en el tamaño del piso de un nivel con respecto al siguiente. También en hacer el edificio más grande a medida que se eleva, lo que se conoce como escalonamiento invertido.



Ilustración 5: Irregularidad Vertical.

Fuente: Grases et al. 1987, Arnold y Reitherman, 1982

La norma venezolana establece ciertos criterios para clasificar las estructuras como irregulares verticalmente. Las edificaciones con aumento vertical o disminución significativa de dimensiones y masas requieren un análisis especial, ya que presentan problemas por los efectos dinámicos debido a los sismos.

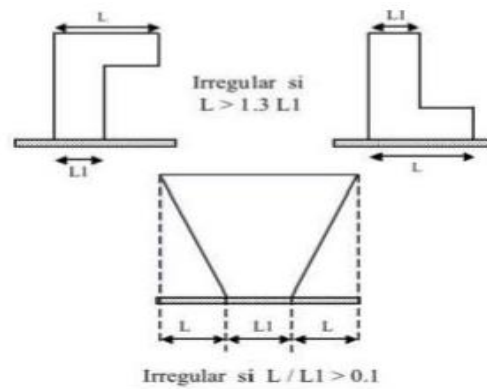


Ilustración 6: Irregularidades Verticales: Criterios Norma Venezolana.

Fuente: Blanco, 2012

La sencillez, regularidad y simetría que se busca en planta también es importante en la elevación del edificio, para evitar que se produzcan concentraciones de esfuerzos en ciertos pisos o amplificaciones de la vibración en las partes superiores del edificio. (Bazán y Meli, 2001).



Ilustración 7: Torre Balgres, Caracas-Venezuela.

Fuente: Blanco, 2012.

### **Columna corta**

Al analizar y estudiar el comportamiento de edificaciones bajo la acción sísmica, se ha observado que algunas columnas presentan grietas a  $45^\circ$ , lo que indica una falla frágil. La columna diseñada como dúctil, se convierte en frágil y falla la zona no confinada. La falla se debe al hecho de que las columnas de un mismo nivel presentan similar desplazamiento lateral durante un sismo, sin embargo al ser las columnas cortas más rígidas, absorben mucha más fuerza lateral (Bachmann, 2003).



Ilustración 8: Falla Frágil, columna corta y poco esfuerzo transversal.

Fuente: Blanco, 2012.

Uno de los problemas podría ser por el aumento de la fuerza cortante en la columna, que es igual a la suma de los momentos flectores de los extremos, dividido entre la longitud libre. Si la longitud libre se ve disminuida, la fuerza cortante aumenta de manera inversamente proporcional. Es decir, que si la longitud libre se reduce en una tercera parte, la fuerza cortante aumenta tres veces.

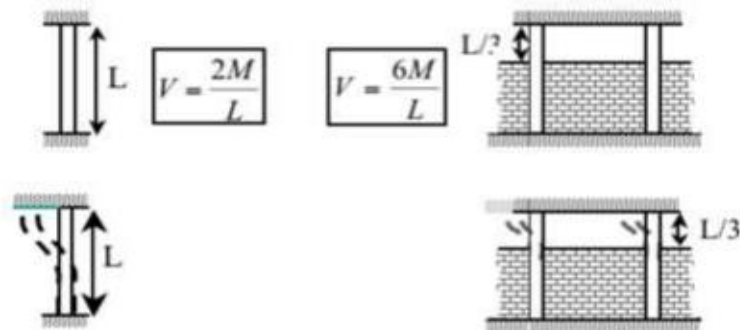


Ilustración 9: Ejemplo de fuerza cortante en columnas cortas. Blanco, 2012.

Fuente: Blanco, 2012.

## Discontinuidad de algún elemento estructural

La discontinuidad de un elemento ocasiona que en las edificaciones exista mucha variación en las resistencias y rigideces, logrando así que una planta sea más débil que las plantas adyacentes. Este problema es más grave cuando el piso débil es el primero o segundo, niveles donde las fuerzas sísmicas son mayores.

En relación para un caso particular como un muro de cortante discontinuo, es una contradicción fundamental de diseño, ya que el propósito de un muro cortante es resistir las fuerzas de inercia que se originan en los diafragmas y transmitir las hacia la fundación en la forma más directa posible, por lo que interrumpir esta trayectoria se convierte en un error y realizarlo en la base es un problema aun mayor, siendo el peor caso de la condición de planta baja débil. (Arnold y Reitherman, 1991).

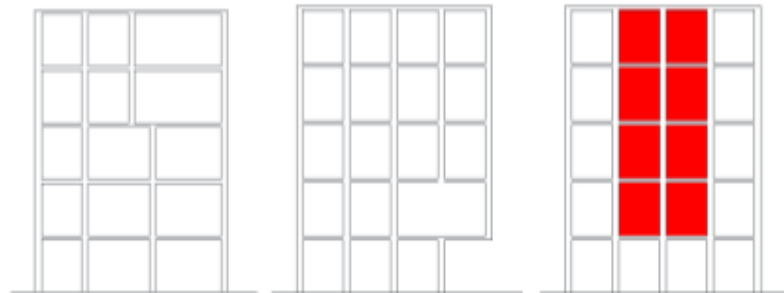


Ilustración 10: Ejemplo de discontinuidad en el plano resistente a cargas laterales.

Fuente: Lanza, 2014.

## Fuerte asimetría de masa o rigideces en planta

### Longitud en planta

La longitud en planta de una edificación, influye en la respuesta estructural ante la transmisión de ondas en el terreno producidas por el movimiento sísmico. A mayor longitud en planta, empeora el comportamiento estructural, debido a que la respuesta de la estructura ante dichas ondas puede diferir considerablemente de un punto de apoyo a otro de la misma edificación (Grases et al. 1987). Los edificios largos son más propensos a tener problemas debido a las componentes torsionales del movimiento del terreno. Recomendación practica:  $L2/L1 \leq 2.3$  (Cardona, 2004).

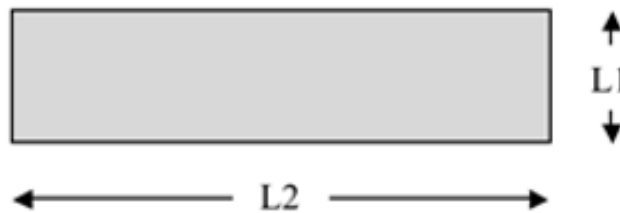


Ilustración 11: Planta de gran longitud.

Fuente: Grases et al, 1987.

### Forma de planta

La forma de la planta influye en la respuesta de la estructura ante la concentración de esfuerzos generada en ciertas partes, debido al movimiento sísmico. Los sitios más vulnerables son los angulos de quiebre entre partes de la estructura, cuyo problema se puede resolver colocando apropiadamente las juntas totales.

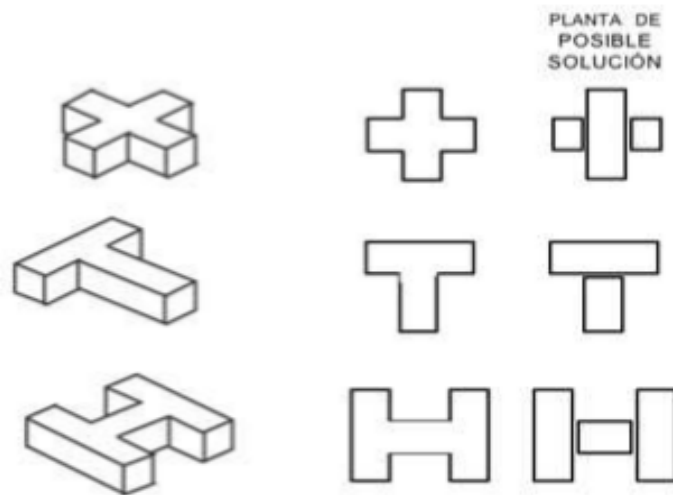


Ilustración 12: Ejemplos de plantas de forma irregular y su posible solución.

Fuente: Arnold y Reitherman, 1982.

La Norma venezolana COVENIN 1756:2001 (Edificaciones Sismorresistentes) establece la limitación del 40% para el coeficiente de longitudes, si no se presentan otras condiciones negativas. En las normas norteamericanas (FEMA, 1997; ICC, 2000) se limitan los salientes o entrantes en 15% y las europeas (Eurocodigo 8, 1998) establecen 25% (se recomienda revisar exhaustivamente la norma venezolana).

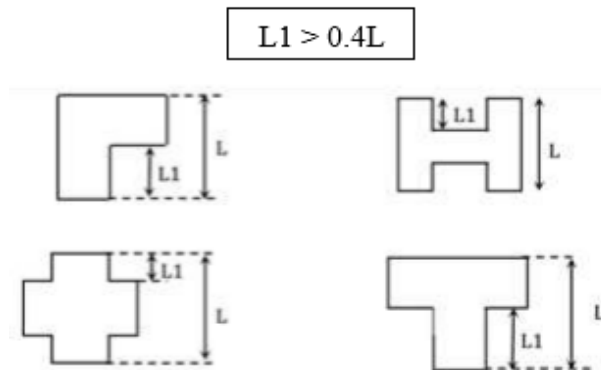


Ilustración 13: Plantas regulares.

Fuente: Blanco, 2012.

#### Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones

Los sistemas estructurales formados por losas y columnas (Sin vigas), presentan un pobre desempeño ante eventos sísmicos. La columna actúa como un punzón ocasionando daños severos en la losa.

Se muestran estructuras ubicadas en Kocaeli-Turquía, dañadas en el sismo de agosto de 1999. Los sistemas presentan losas de espesores entre 8 y 12cm y vanos (Luz libre) mayores a 4m (EERI, 1999).





Ilustración 14: Ausencia de vigas.

Fuente: EERI, 1999.

#### Choque en edificaciones

Esto ocurre cuando el movimiento de un edificio, durante el sismo, queda impedido por otro muy cercano y, en general, más rígido. Al chocar se generan fuerzas cortantes en las columnas golpeadas. Es conveniente crear amplias juntas totales entre edificios de diferentes alturas, para que puedan oscilar de forma distinta durante el movimiento sísmico y evitar así el choque violento entre ellos.

Se debe impedir que edificios de diferentes alturas puedan estar juntos y a partir de cierta altura, estos deben estar aislados. Otra causa del problema es cuando edificios cercanos presentan alturas distintas de entrepisos o niveles distintos de pisos.

Durante el sismo de México (1985), el edificio de concreto armado de la izquierda colapsa luego de golpear al edificio antiguo de la derecha. El edificio de la derecha es más rígido que el otro construido recientemente.



Ilustración 15: Interacción entre edificios de diferente rigidez.

Fuente: EERI, 1999.

### Torsión

La torsión ha sido la causa de importantes daños y, en algunos casos, colapso de edificaciones sometidas a fuertes movimientos sísmicos. Se presenta por la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez. Cuando en una configuración, el centro de masa coincide con el centro de rigidez, se dice que existe simetría estructural. A medida que el edificio sea más simétrico, se reducirá su tendencia a sufrir concentraciones de esfuerzo y torsión, y su comportamiento ante cargas sísmicas será menos difícil de analizar y más predecible.

La simetría va desde la geometría de la forma exterior, hasta las distribuciones internas de elementos resistentes y componentes no estructurales. En los casos donde existan muros, núcleos de ascensores o tabiquería, hacia un lado de la edificación, el centro de rigidez se desplaza en esa dirección. Debido a esto se generan deformaciones no previstas en el cálculo estructural. (Grases et al. 1987).

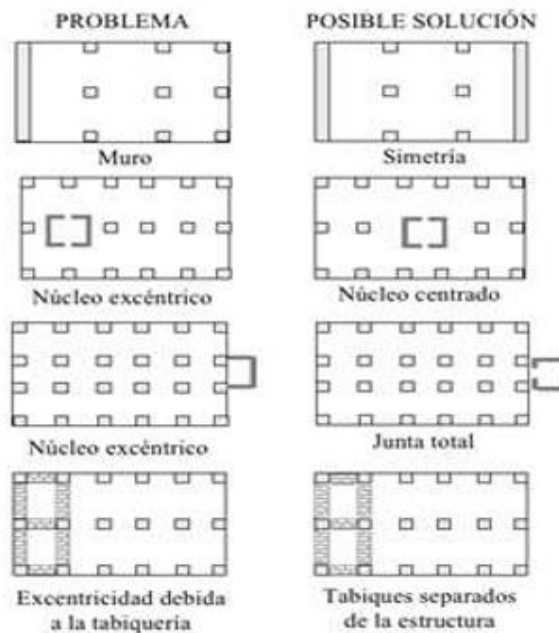


Ilustración 16: Torsión: Problema-Posible solución.

Fuente: Bachmann, 2003; Grases et al, 1987.

El edificio Miramar, en la ciudad de Cumana, Venezuela; de concreto armado de 8 pisos, con muros muy rígidos en el núcleo de escaleras y ascensor, ubicado a un lado de la estructura. Debido a la excentricidad entre el centro de masa y de rigidez, se produjo un efecto de torsión, que al sumarse con otros problemas presentes en la

edificación, ocasiono el colapso de la misma, durante el terremoto de Cariaco-1997, (Hernández y López, 2007).



Ilustración 17: Edificio Miramar-Cumana, después del sismo de 1997.

Fuente: Hernández y López, 2007.

## ÍNDICE DE PRIORIZACIÓN DE EDIFICACIONES

El índice de priorización se define tomando en consideración la amenaza sísmica en el sitio, la vulnerabilidad de la estructura y la importancia de la construcción. El índice de priorización ( $I_p$ ) se obtiene a partir de:

$$I_p = I_A \cdot I_V \cdot I_I$$

Dónde:  $I_A$  es el índice de amenaza,  $I_V$  es el índice de Vulnerabilidad e  $I_I$  es el índice de importancia. El producto de los índices de amenaza y vulnerabilidad ( $I_A \cdot I_V$ ) representa el índice de riesgo ( $I_R$ ) de la edificación.

## Índice de amenaza

En la Tabla 1 se presentan los valores del Índice de Amenaza (IA) los cuales son seleccionados considerando: 1) La relación que guardan los valores del coeficiente ( $A_0$ ) de la aceleración del terreno en roca en las siete zonas sísmicas definidas en la norma sismorresistente nacional (COVENIN, 2001) y 2) La incorporación del efecto topográfico que amplifica el índice de amenaza en aproximadamente un 10%. Nótese que los valores propuestos para IA en la Tabla 1 guardan la misma proporción que guardan los valores de  $A_0$  en las diferentes zonas y han sido normalizados de manera tal que el mayor valor de 1 corresponde a la zona de mayor amenaza (Zona 7) cuando se consideran efectos topográficos.

Tabla 2: Valores del índice de Amenaza (IA)

Zona	Peligro Sísmico	$A_0$ (Covenin, 2001)	$I_A$	
			Sin efectos topográficos	Con efectos topográficos
7	Elevado	0,40	0,90	1
6		0,35	0,80	0,88
5		0,30	0,68	0,75
4	Intermedio	0,25	0,56	0,63
3		0,20	0,45	0,50
2	Bajo	0,15	0,34	0,38
1		0,10	0,23	0,25
0		-	0,05	0,05

Autor: FUNVISIS 2011

En el caso de la ciudad de Caracas, los valores de IA se modifican para los efectos de incorporar los resultados del estudio de microzonificación de la ciudad (FUNVISIS, 2009; Hernández *et al.* 2009). En la Tabla 2 se dan los valores del coeficiente  $A_0$  para las cuatro Macrozonas de Caracas (Figura 1). Para determinar la

Macrozona en la cual se encuentra una edificación véase FUNVISIS (2009), el cual puede descargarse desde FUNVISIS (2013). Los valores del Índice de Amenaza IA para cada macrozona dados en la Tabla 3 se seleccionaron siguiendo el mismo criterio anterior: proporcionalidad con los resultados del estudio de microzonificación ( $A_0$ ) y un 10% aproximado de incremento por efectos topográficos. Cuando se disponga de resultados de la microzonificación de otras ciudades del país, se podrían incorporar sus resultados en el índice de amenaza siguiendo un procedimiento similar al descrito en la Tabla 3 para la ciudad de Caracas.

Tabla 3: Macrozonas de Caracas.

Macrozona (FUNVISIS, 2009)	$A_0$	$I_A$	
		Sin efectos topográficos	Con efectos topográficos
Sur	0,30	0,68	0,75
Centro Sur	0,265	0,60	0,66
Centro Norte	0,28	0,64	0,70
Norte	0,30	0,68	0,75

Autor: FUNVISIS, 2009.

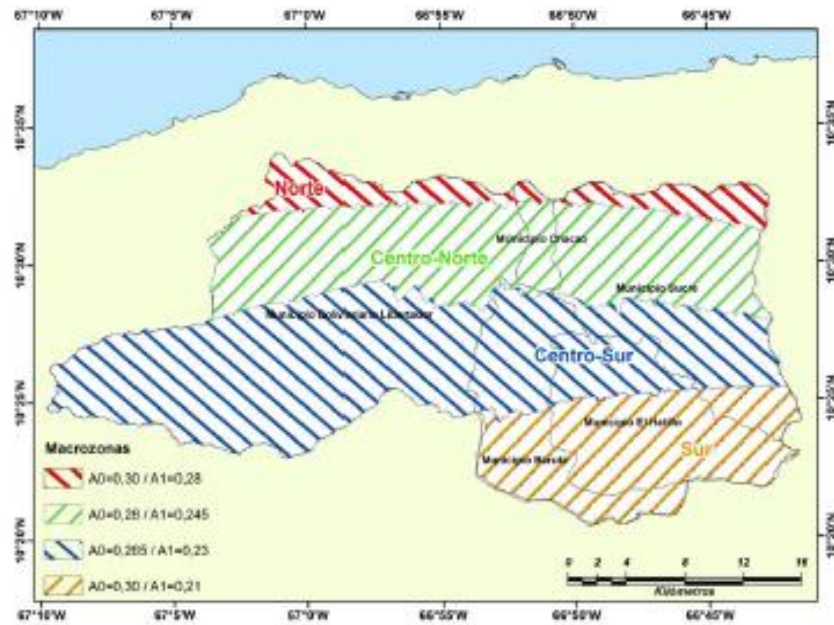


Ilustración 18: Macrozonas del Area Metropolitana de Caracas.

Fuente: FUNVISIS, 2009.

En la Ilustración 19 se definen aquellas situaciones donde deben considerarse la presencia de efectos topográficos, seleccionados con base en FUNVISIS (2009) y AFPS (1990). Se consideran efectos topográficos en las tablas 1 y 2 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.

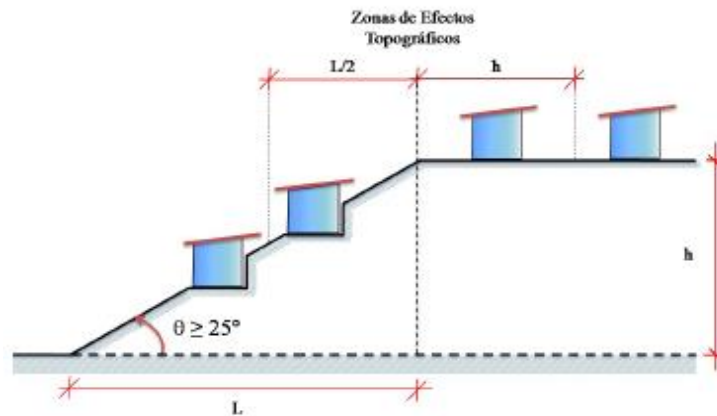


Ilustración 19: Zonas donde se consideran los efectos topográficos en el Índice de Amenaza IA

Fuente: FUNVISIS, 2011.

### Índice de Vulnerabilidad

El índice de Vulnerabilidad tiene como intención identificar aquellas características intrínsecas en una estructura que pueden potenciar un desempeño inadecuado durante un sismo. Las definiciones que se presentan a continuación toman en consideración: 1) Las observaciones hechas en edificios que estuvieron sujetos a los sismos de 1967 en Caracas y de 1997 en Cariaco, los cuales destacaron, entre otros, los efectos desfavorables que introduce la ausencia de vigas en una dirección horizontal del edificio, la presencia de una planta baja débil por la terminación de las paredes de relleno de los pisos superiores, la presencia de columnas cortas que potencian modos frágiles de falla, la amplificación de la respuesta dinámica en edificios altos localizados sobre sedimentos profundos; 2) La mayor vulnerabilidad de las construcciones más antiguas, especialmente aquellas diseñadas con las normas anteriores a 1967; 3) La elevada vulnerabilidad de numerosas construcciones populares que han sido hechas sin seguimiento de normas técnicas de diseño y construcción.



La vulnerabilidad depende de la antigüedad de la obra, el tipo estructural, el número de pisos, la profundidad del 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 ( $I_v$ ) se define mediante:

$$I_v = \sum_{I=1}^6 \alpha_i \cdot I_i$$

Dónde:  $I_i$  es el índice de la vulnerabilidad específica “i” y  $\alpha_i$  es su peso relativo tal como se describe en la Tabla 3. Cada índice  $I_i$  tiene una cota superior de 100 por lo que el índice de Vulnerabilidad ( $I_v$ ) está también acotado a 100.

Tabla 4. Índices de Vulnerabilidad específica ( $I_i$ ) y pesos relativos ( $\alpha_i$ ).

$I_i$	Vulnerabilidad asociada con:	$\alpha_i$
$I_1$	Antigüedad y norma utilizada	0,25
$I_2$	Tipo estructural	0,35
$I_3$	Irregularidad	0,25
$I_4$	Profundidad del depósito	0,07
$I_5$	Topografía y drenajes	0,04
$I_6$	Grado de deterioro	0,04

Autor: FUNVISIS, 2009

Índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad:  $I_1$

El Índice de Vulnerabilidad  $I_1$  atiende a la edad de la construcción y a la norma de diseño utilizada. En la selección de estos valores se ha tomado en cuenta la

mayor vulnerabilidad de las construcciones diseñadas con normas antiguas, las cuales poseen menor resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía que las diseñadas con las normas modernas (Hernández, 2009; Coronel & López, 2013). El valor de  $I_1$  de la Tabla 4 tiene un máximo de 100 para aquellos edificios construidos antes de la aparición de la primera norma del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 1939). El valor de 90 en el período 1955-1967 toma en cuenta que la Norma (MOP, 1955) introdujo requerimientos sismorresistentes menos exigentes que las normas precedentes. El valor de  $I_1$  para la norma de 1998 (COVENIN, 1998) es ligeramente menor a la de la norma 2001 (COVENIN, 2001), debido a una ligera disminución en los valores espectrales en esta última en relación con la primera. Si una edificación ha sido diseñada con diferentes normas, se recomienda seleccionar aquella que tenga el mayor índice.

En el caso de las viviendas populares, típicas de las zonas de barrios de la ciudad que han sido construidas sin cumplir con las normas oficiales de diseño y construcción, se recomienda conservadoramente adoptar para ellas un valor  $I_1 = 100$ .

### **Índice de vulnerabilidad del tipo estructural: $I_2$**

En la tabla 5 se definen quince (15) tipos estructurales de uso común en el país y se le asigna a cada uno un valor  $I_2$  de vulnerabilidad intrínseca. En caso de que una edificación posea más de un tipo estructural, se recomienda asignarle el índice del tipo predominante o en todo caso asignarle el mayor valor de  $I_2$ .

Los valores asignados en la Tabla 5 tienen un cierto grado de subjetividad y son susceptibles a ser revisados y adecuados. Uno de los criterios seguidos para la asignación de los índices, fue el penalizar con mayor vulnerabilidad los sistemas con poca capacidad de disipación de energía y premiar los sistemas dúctiles y/o de elevada rigidez y resistencia.

El tipo más utilizado en el país es el Tipo 2 en donde las paredes de bloques se encuentran adosadas a los pórticos de concreto armado, restringiendo el comportamiento dúctil de ellos y potenciando modos de falla frágil que aumentan su vulnerabilidad. En el Tipo 1, poco común en el país, las paredes están separadas de los pórticos y arriostradas apropiadamente para asegurar su estabilidad dentro y fuera de su plano, dando lugar a una disminución de la vulnerabilidad.

Tabla 5: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con Tipo Estructural (I<sub>2</sub>)

<b>Tipo Estructural</b>	<b>Descripción</b>	<b>I<sub>2</sub></b>
1	Pórticos de concreto armado (a)	25
2	Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloque de arcilla o de concreto	40
3	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	10
4	Muros de concreto armado de poco espesor dispuestos en una sola dirección, como algunos sistemas constructivos del tipo túnel	90
5	Pórticos de acero	40
6	Pórticos de acero con perfiles tubulares	60
7	Pórticos de acero diagonalizados	20
8	Pórticos de acero con cerchas	40
9	Sistemas pre-fabricados en base de grandes paneles o de pórticos	90
10	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada	70
11	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada (b)	100
12	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos (b)	90
13	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos (b)	95
14	Viviendas de bahareque de un piso	90
15	Viviendas de construcción precaria ( tierra, madera, zinc, entre otros)	100

Fuente: FUNVISIS, 2011

- (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 de los barrios que han sido construidas sin diseño de ingeniería formal y sin seguimiento de normas técnicas.

## Índice de Vulnerabilidad para las irregularidades (I<sub>3</sub>)

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 5 se definen (11) irregularidades que son ampliamente reconocidas a nivel internacional como potenciadoras de respuesta sísmicas desfavorables (Naem, 2001; Pauley & Priestley, 1992; Dowrick, 1977; Arnold & Reitherman, 1982). Por otro lado, en el ámbito nacional, la presencia de columnas cortas se asocia con el desempeño inadecuado y con el derrumbe de escuelas durante el sismo de Cariaco de 1997 (IMME 1998; Castilla & 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 & López, 2006).

El índice de Vulnerabilidad asociado con la irregularidad (I<sub>3</sub>) se define por:

$$Iv = \sum_{j=0}^{11} I3j \leq 100$$

Dónde: I<sub>3j</sub> es el índice de Irregularidad asociado con la irregularidad j que se define en la Tabla 6. Si la edificación no presenta ninguna de las irregularidades indicadas en dicha tabla, se le asigna I<sub>3</sub> = 0. Si la edificación es una vivienda popular y presenta dos o más pisos del tipo de mampostería no confinada (tipo estructural 11) se le asigna un valor I<sub>3</sub> = 100 aun cuando no evidencie irregularidades del tipo

mostradas en la Tabla 6 El valor de  $I_3$  está acotado a un máximo de 100.

En el tipo estructural 4, que son sistemas tipo túnel de muros de concreto armado de poco espesor dispuestos en una sola dirección, se le debe asignar la irregularidad definida por la ausencia de vigas altas ( $j=1$  en la Tabla 6) que caracteriza estas edificaciones. En la irregularidad  $j = 9$  se considera que una edificación esta adosada a otra adyacente cuando la separación entre ellas es menor al valor  $S$  indicado en la 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 el 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 el caso más desfavorable.

Tabla 6: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con irregularidades (I3j)

<b>j</b>	<b>Descripción de la irregularidad</b>	<b>I<sub>3</sub></b>	
1	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	40	
2	Ausencia de muros de 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 bloques que no poseen refuerzo metálico inferior ni elementos 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 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, 2011

(1) Entran dentro de esta irregularidad las construcciones en pendiente con semisótano, en donde una losa esta confinada por el terreno por un lado pero libre el otro.

Tabla 7: Separación entre edificaciones

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

Fuente: FUNVISIS, 2011

#### **Índice de Vulnerabilidad asociado con la profundidad del depósito: (I<sub>4</sub>)**

El índice (I<sub>4</sub>) permite tomar en cuenta el aumento en la vulnerabilidad de una edificación alta que esté fundada sobre sedimentos de gran profundidad, tal como quedó evidenciado en el terremoto de Caracas de 1967 (Comisión Presidencial, 1969; Seed et al, 1972). Las situaciones de aplicación del índice I<sub>4</sub> se presentan en la Tabla 7 y han sido definidas tomando en consideración resultados del estudio de microzonificación sísmica de Caracas (FUNVISIS, 2009; Hernández et al, 2009).

Tabla 8: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con la profundidad del depósito (I<sub>4</sub>).

Situaciones de aplicación	I <sub>4</sub>
Edificios con un número de pisos mayor que 6 y localizados en depósitos de sedimentos de profundidad mayor a 120 metros	100
Otros casos	0

Fuente: FUNVISIS, 2011



En el caso del Estado Carabobo, las zonas con depósitos de sedimentos de profundidad mayor a 120 metros se encuentran localizados en el área metropolitana de Valencia, donde se han realizado perforaciones en el rectorado y a 240 metros de profundidad no se logró encontrar superficie de roca, del Informe Técnico Final del estudio de microzonificación sísmica de Carabobo (Pombo, 2016).

### Índice de Vulnerabilidad asociado con la topografía y drenajes ( $I_5$ )

El índice ( $I_5$ ) atiende a identificar situaciones de vulnerabilidad asociadas con construcciones hechas en laderas o cerca de estas, debido a una potencial falla de estabilidad en taludes no protegidos por obras de contención. En la Tabla 8 se presentan los valores de  $I_5$  cuya selección depende de los valores del ángulo de inclinación  $\theta$  de la ladera, de la altura  $H$  de la ladera y de la distancia  $D$  que se definen en la Figura 30. El máximo valor del índice  $I_5$  es 100. Se reconoce igualmente en la Tabla 8 el aumento en la vulnerabilidad cuando la edificación está localizada en una zona sin drenajes de aguas.

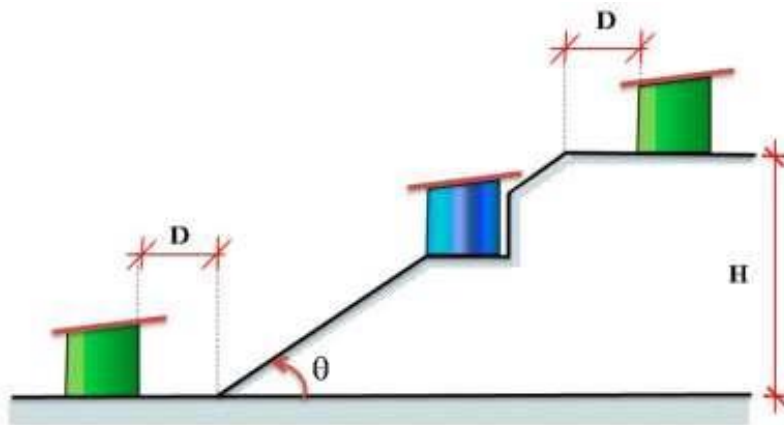


Ilustración 20: Construcciones en las cuales se considera vulnerabilidad asociada con la topografía  $I_5$ .

Fuente: FUNVISIS, 2011

Tabla 9: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado con la topografía y a los drenajes (I5)

		<b>Característica</b>	<b>I5</b>
Localización de la Construcción	Construcción sobre planicie		0
	Construcción sobre ladera con pendiente de ángulo $\Theta$ dada por:	Entre 20° y 45°	50
		$\geq 45^\circ$	80
	Construcción sobre la cima o en la base de la ladera de pendiente $\Theta \geq 20^\circ$ , a una distancia D:	Menor o igual a H	80
		Mayor a H	0
Existencia de drenajes		Si	0
		No	20

Fuente: FUNVISIS, 2011

### **Índice de Vulnerabilidad asociado con el Grado deterioro (I6)**

En la Tabla 9 se muestran los valores de I6 asignados a diferentes grados de deterioro del edificio, penalizado con los mayores valores a la existencia de corrosión del acero y al agrietamiento estructural. A efectos de calificar el grado de deterioro de la estructura, se seleccionara un único valor entre las opciones (a) y (b). En el caso de una edificación mixta que tuviese estructuras de concreto y de acero, se seleccionara el mayor valor entre las opciones (a) y (b). El máximo valor posible para (I6) es 100.

Tabla 10: Valores del índice de Vulnerabilidad asociado al grado de deterioro (I<sub>6</sub>)

Componente	Grado de deterioro		I <sub>6</sub>
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) Estructuras 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	Severo	10
		Moderado	5
		Ninguno	0

Fuente: FUNVISIS, 2011

### Índice de Importancia

El Índice de Importancia (I<sub>i</sub>) 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, las 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.

Las construcciones se clasifican según su uso en alguno de los tres grupos definidos en la Tabla 10. Los valores de Índice de Importancia se muestran en la Tabla 11 en función del uso del edificio y del número (N) de personas expuestas y

ocupantes de la edificación que va a ser evaluada.

Tabla 11: Clasificación según el uso del edificio

<b>Grupo</b>	<b>Uso del edificio</b>
A1	Hospitales y centros de salud, estaciones de bomberos y de protección civil
A2	Cuarteles de policía, edificios de asiento del gobiernos 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 radioactivo, torres de control, centros de tráfico aéreo
A3	Todas aquellas edificaciones no contenidas en los grupos A1 y A2, tales como viviendas, edificios de apartamentos, de oficinas, comerciales, hoteles, bancos, restaurantes, cines, teatros, almacenes y depósitos.

Fuente: FUNVISIS, 2011

Tabla 12: Valores del índice de importancia (I<sub>i</sub>)

<b>Grupo</b>	<b>N ≤ 10</b>	<b>10 &lt; N ≤ 100</b>	<b>100 &lt; N ≤ 500</b>	<b>500 &lt; N ≤ 1000</b>	<b>N &gt; 1000</b>
A1	0,9	0,92	0,95	0,97	1
A2	0,85	0,87	0,9	0,93	0,95
A3	0,80	0,82	0,85	0,87	0,9

Fuente: FUNVISIS, 2011

### **Fundación GEM (Global Earthquake Model)**

Actualmente, la Fundación GEM, con la financiación de Swiss Re Foundation, promueve el proyecto South America Integrated Risk Assessment (Sara), el cual busca el desarrollo de un modelo para la estimación de pérdidas por sismos en la región, empleando datos estandarizados y metodologías, bajo los principios de transferencia e intercambio de conocimiento y rigor científico.

Asimismo, este convenio establecido entre FUNVISIS y GEM busca promover una comunicación cercana entre los expertos locales y los tomadores de decisiones, con el fin de convertir los resultados del análisis de riesgo en estrategias de gestión, programas y proyectos que beneficien a la población.

Tomando en cuenta la experiencia de FUNVISIS y los logros en la modelación del riesgo sísmico en Venezuela, se ha considerado que un acuerdo con la Fundación GEM será beneficioso para el país, en cuanto al análisis de escenarios de pérdidas, mejorando los modelos de exposición y desarrollando funciones de fragilidad y vulnerabilidad para edificios residenciales comunes, con especial interés en la modelación del comportamiento sísmico de los edificios sin criterios de diseño, construidos en asentamientos ilegales, compuestos por hogares de bajos ingresos. Estos resultados contribuirán a la revisión, actualización y creación de planes de manejo de emergencias y programas de mitigación de edificios residenciales, tomando en cuenta la vulnerabilidad social y económica de la población expuesta a la amenaza sísmica.

## Visión GEM

Un mundo que es resistente a los terremotos

- Para convertirse en el mundo oficial, fuente más completa de recursos de riesgo de terremoto; Y por lo tanto un estándar mundialmente aceptado para la evaluación de riesgos
- Asegurar que los productos GEM encuentren aplicación en la gestión del riesgo sísmico en todo el mundo

## Trabajo del GEM

Los esfuerzos de colaboración de GEM están generando una mayor comprensión y concienciación del público sobre el riesgo sísmico, llevando a una mayor resistencia a terremotos en todo el mundo, ya que apoyamos a la comunidad GEM en:

- Intercambio de datos, modelos y conocimientos a través de la plataforma OpenQuake y reuniones internacionales
- Colaborar e integrar la información de la información global a la
- La aplicación de herramientas y software GEM para la toma de decisiones para la mitigación y gestión del riesgo
- Ampliar la ciencia y la comprensión de los terremotos

## Pilares del GEM

### Creíble

La confianza es crítica para cualquier fuente de información usada para el bien público. Al involucrarse y colaborar con la comunidad científica, GEM ha ganado un grado de credibilidad que ha sido fortalecido por la alianza de los sectores público y privado. Evaluar el riesgo de terremoto de manera holística requiere conocimientos multidisciplinarios y la última tecnología. GEM reúne a esta comunidad científica diversa con un lenguaje común, manteniendo la discusión y el debate vivo.

## Bien publico

GEM fue fundada para superar las lagunas -de la ciencia a la práctica, y del conocimiento a la acción. La información es un precursor esencial para la reducción del riesgo y la mitigación del riesgo, pero sólo si está disponible para todos los interesados, y eso es lo que nos esforzamos por lograr. A través de una amplia gama de asociaciones en los sectores público y privado, también beneficiamos a una amplia gama de partes interesadas, trayendo un recurso una vez escaso a todos los sectores y beneficiarios. Haciendo que la evaluación del riesgo sea inclusiva, a pesar de su complejidad, creamos de forma colaborativa una cultura de conciencia y resiliencia.

## Abierto

OpenQuake Platform ofrece conjuntos de datos abiertos, permite a los usuarios explorar diferentes tipos de información de riesgo, facilita la contribución de datos a través de aplicaciones y herramientas innovadoras y soporta el intercambio abierto de información a través de mapas y capas. OpenQuake Engine es un software de modelado de riesgos abierto y transparente basado en la ciencia en el que los usuarios pueden combinar los datos y modelos de GEM con los suyos propios, y explican explícitamente la incertidumbre. El código fuente del software es de acceso público y puede ser utilizado e incluso extendido por las partes interesadas de GEM. La transparencia es esencial no sólo para nuestros productos, sino también para nuestros procesos y para compartir información. Los recursos de GEM incluyen las mejores prácticas globales para todos los métodos y enfoques. La retroalimentación de la comunidad y el debate abierto son los motores de la mejora continua.

## Colaborativo

GEM se trata de personas que se apasionan por la evaluación de riesgos y la mitigación. Solo trabajando juntos en sectores, geografías y disciplinas podemos comparar y avanzar el análisis de riesgo y mejorar la resiliencia en todo el mundo. Academia se vincula con los tomadores de decisiones, el sector privado y las organizaciones internacionales dentro de la asociación público-privada de GEM. Los productos de GEM son el resultado de la colaboración global, y es a través de asociaciones, proyectos y programas en todo el mundo que serán continuamente mejorados. Al proporcionar una comprensión común del riesgo, GEM se convierte en el eslabón crítico en la creación de alianzas resilientes y exitosas entre los responsables de la formulación de políticas, el sector privado y los científicos.

## En Breve

GEM aporta conocimiento, datos y recursos para la evaluación del riesgo de terremotos en todo el mundo en un entorno de colaboración, como un paso crítico hacia una mejor comprensión y acciones que gestionan y reducen el riesgo.

## **Logros y visión del GEM**

La Fundación GEM presenta a socios, colaboradores y partes interesadas en todo el mundo, sus logros y documento de visión para la evaluación global del riesgo de terremoto y el futuro sostenible de GEM.

## **Reseña histórica de la parroquia Rafael Urdaneta del Área Metropolitana de Valencia**

La historia de la parroquia Rafael Urdaneta tiene al menos 100 años, cuando se dieron los primeros asentamientos urbanos en lo que ahora se denomina Casco



Central de Flor Amarillo. Sin embargo, al menos hasta la década de 1950, no hubo un desarrollo importante en cuanto a vialidad, viviendas e industria.

Es a partir de mediados de la década de 1950 cuando, por Orden del consejo municipal de la ciudad de Valencia se publica la Ordenanza Municipal Reguladora de Venta de Terrenos en la Zona Industrial, en la cual se empezaban a vender terrenos dotados con servicios públicos y organización a las empresas que empezaban a instalarse, tanto nacionales como internacionales. Se construye una infraestructura vial y de servicios públicos que dio pie al desarrollo de la parroquia.

Consecuentemente, en la década de 1960, se comienzan a construir urbanismos para la clase trabajadora, tal es el caso de las urbanizaciones “La Isabelica” y “La Quizanda”, y posteriormente, en las décadas de 1970 y 1980, urbanismos para la clase media, como “Parque valencia”, “Las Quintas de Flor Amarillo”, “Los Bucares”, entre otros, así como centros comerciales, sitios recreacionales y educativos destinados al disfrute y desarrollo de los habitantes de la zona.



Ilustración 21: Edificio multifamiliar de apartamentos en zona de La Isabelica.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 22: Vivienda típica Unifamiliar en Zona de Los Bucares, Flor Amarillo.

Fuente: Elaboración propia.

Los barrios e invasiones existentes en la zona datan de mediados de la década de 1960, terrenos que por su cercanía a la zona industrial o urbanismos formales fueron invadidos aprovechando la dotación cercana de servicios como electricidad y agua potable, así como alcantarillado. La última invasión ilegal de terrenos en la parroquia fue la de los terrenos adyacentes a la “Urbanización Parque Valencia”, en 2011.

Estas invasiones y barrios, si bien son el reflejo de la necesidad de un sector de la población por vivienda, tienen la particularidad de colapsar los servicios públicos, incrementar la inseguridad y el la vulnerabilidad sísmica del sector, ya que son edificaciones construidas, mayormente, sin tomar en cuenta algún reglamento o criterio sismorresistente.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLOGICO**

#### **Tipo de investigación**

El trabajo que se presenta a continuación tiene un carácter de investigación de campo, debido a que será necesaria la recolección de datos y características in situ, donde se conocerán los problemas y condiciones de la cual trata este trabajo.

Dentro de la investigación de campo, se hará una visita a las zonas homogéneas, inspección visual de las características que posean las edificaciones, llenando una planilla de inspección de edificación suministrada por el organismo FUNVISIS, para el posterior estudio y calificación según la metodología a aplicar.

#### **Tipo de estudios**

El estudio descriptivo busca caracterizar, precisar o determinar condiciones o características concurrentes en el hecho o problema. Rodríguez (2007 p.155).

Dankhe (1986) recalca la condición de especificidad de estos estudios, que agotan el momento exploratorio cuando establece que estos buscan especificar las propiedades más importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis.

Debido a lo descrito anteriormente es que el presente trabajo se enmarca dentro del tipo de investigación descriptiva.

La investigación descriptiva se clasifica en:

- Estudio de medición de variables independientes
- Investigación correlacional

Según (Hernández, Fernández y Baptista, 1998, p-63), “La utilidad y el propósito principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas. Es decir, intentar predecir el valor aproximado que tendrá una variable en grupo de individuos, a partir del valor obtenido en la variable o variables relacionadas”.

La presente investigación se considera descriptiva correlacional, ya que es aquel tipo de estudio que persigue medir el grado de relación existente entre dos o más conceptos o variables, debido a que se pretende evaluar las edificaciones de la parroquia Rafael Urdaneta, del municipio Valencia, para definirle su índice de priorización, tomando en cuenta cada una de las variables que determinan dicho índice.

### **Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación se encuentra fundamentado en métodos cuantitativos, ya que cuando se cuantifica o mensura el dato y, está referido a un diseño tipo experimental debido a que se manipulan las variables de ocurrencia del problema. El investigador produce intencionalmente el problema o situación

conflicto de análisis para incorporarse en él y realizar la investigación. Rodríguez (2006, p 161).

### **Población y muestra**

Se entiende por la población el “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Está limitada por el problema y por los objetivos de estudio” (Arias, 2006. P-81). Es decir, se van a agrupar edificaciones con características similares y serán sometidas al estudio de este trabajo.

Esta investigación tendrá una población finita (Parroquia Rafael Urdaneta del municipio Valencia), ya que pueden ser contabilizadas todas las edificaciones en un lugar determinado.

Se entiende por muestra al “subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias 2006. P-83). Es decir, un conjunto extraído del total que representa de manera fiel a la muestra o conjunto que se desea estudiar, y que genera resultados válidos.

En este trabajo, la muestra estará representada por las estructuras que posean las siguientes características: viviendas unifamiliares, multifamiliares y populares (construcción informal), siempre que existan más de dos con características similares.

## **Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos son las respuestas de cómo hacer los procedimientos de actuación correcta que deben seguirse para recorrer las diferentes fases del método. (UPEL, 1998)

Para la realización de los objetivos planteados en esta investigación se planteó la observación indirecta, por medio de una encuesta, la cual sirvió para recolectar todos los datos necesarios y recabar una base de datos. A partir de la cual se van a presentar los resultados obtenidos en el capítulo de análisis y resultados.

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron la encuesta llamada “Planilla de Inspección de Edificaciones”, la cual estaba contenida por los datos personales y de identificación y ubicación de la edificación que el entrevistado debería contestar, así como diferentes secciones donde el observador evaluaba la edificación según sus características.

Además de instrumentos de escritura y anotación se utilizaron cámaras fotográficas y celulares con óptima capacidad de generar un registro fotográfico de las edificaciones que eran visitadas y tomadas como muestra.

## **Fases de la investigación**

Para llevar a cabo esta investigación fue necesario organizar en fases las distintas actividades que se requerían, con el fin de llevar organizada y

ordenadamente los objetivos planteados. A continuación se va a explicar detenidamente los procedimientos empleados para el desarrollo de este trabajo de campo.

## Fase I

Demarcar y delimitar, usando la aplicación de imágenes satelitales GOOGLE EARTH, zonas homogéneas, en su mayoría residenciales; es decir, donde predominen edificios, casas, quintas y viviendas populares.



Ilustración 23: Delimitación de Zona Homogénea.

Fuente: Elaboración Propia.



La delimitación se hará siguiendo los lineamientos de FUNVISIS (Proyecto sismo caracas), dividiendo la parroquia en estudio por zonas homogéneas, las cuales tendrán características similares, con el fin de tomar muestras aleatorias y que estas representen a toda una zona lo mejor posible, dando como resultado la recopilación rápida y progresiva de la información necesaria para el estudio, obteniendo una mejor organización de la información recabada.

### **Caracterización de la zona de estudio**

Se plantea definir la zona de estudio mediante las características dadas en el RUI (Registro de Unidades Inmobiliarias), desarrollado por el INE (2010) y el Censo de Población y Vivienda también desarrollado por el INE en 2011. Adicionalmente se usara la aplicación GOOGLE EARTH para realizar un conteo de las viviendas existentes en la parroquia de estudio, debido a la falta de información actualizada por parte de los entes encargados.

#### Tipo de Zona

La definición dada por el INE (2011) para la parroquia Rafael Urdaneta es “Urbana”. La definición principal viene dada por la población presente en él y su asociación con las ciudades y pueblos.

#### Tipo de Área

El tipo de área es definida mediante tres categorías según el INE como:

- 1) Tipo de área Urbanización: puede asociarse a zonas donde hay buena accesibilidad vial y servicios básicos.
- 2) Tipo de área Casco Central: aquellas zonas predominantemente antiguas donde se ubica el centro histórico de la ciudad, municipio o localidad, caracterizada por tener un orden urbano con alta densidad o vialidad estrecha.
- 3) Tipo de área barrio: está asociado a zonas no planificadas donde predomina la construcción popular o informal, principalmente en las periferias de las ciudades (zonas urbanas) y en algunas zonas rurales.

#### Tipo de Edificación

Esta definición es planteada por el INE y se resumen las categorías del tipo de edificación, según el censo de población y vivienda del INE (2011).

#### Criterios de definición de las zonas

- En las zonas, debe predominar en un 90% el uso de las edificaciones, en este caso, las edificaciones residenciales.
- Se delimitara a zona a través de calles, avenidas, cauces de ríos o quebradas, con la ayuda de aplicaciones o programas satelitales como Google Earth.

#### **Fase II**

En esta fase se procederá a hacer la visita de las zonas homogéneas anteriormente demarcadas, para proceder a la toma de datos de las muestras

aleatorias que se tomaran de cada sector. Siguiendo los lineamientos de la “Planilla de inspección de edificaciones” suministrada por FUNVISIS (2014), se procederá a entrevistar a los residentes de las edificaciones con el fin de tomar sus datos y conocer algunas características de la edificación, consecuentemente se hará una inspección visual de la edificación anteriormente mencionada.

El procedimiento propuesto por la planilla de inspección de edificaciones podrá ser ajustado posteriormente a fin de incluir resultados de estudios de microzonificación sísmica en otras poblaciones del país, en la medida en que estos estudios estén disponibles. La metodología es aplicable tanto a edificaciones de construcciones formales, planificadas y construidas bajo normas técnicas nacionales, como a edificaciones populares (ranchos), construidas sin seguir lineamiento técnico alguno.

La planilla a continuación mostrada es la que servirá de instrumento para la recolección de datos de edificaciones, la técnica para tomar cada dato en esta planilla fue descrita en informe técnico “Índices de Priorización de Edificios para la Gestión de Riesgo Sísmico” (FUNVISIS, 2014).

 <b>Gobierno Bolivariano de Venezuela</b> Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación		<b>Fundación Venezolana de Investigaciones Biológicas (FUNVISIS)</b>		
Versión 062013		<b>PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES</b>		G-20007752-2
<b>(Características Sismorresistentes)</b>				
<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:		4.15 Huelo
Proy. UTM (REGVEN) 4.13 Coord. X:	4.14 Coord. Y:			
<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"/> Otro (Especifique)
<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	
<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"/> Sí <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"/> Sí <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:				
<input type="checkbox"/> 1. Pórticos de concreto armado:	<input type="checkbox"/> 9. Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos			
<input type="checkbox"/> 2. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	<input type="checkbox"/> 10. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada			
<input type="checkbox"/> 3. Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	<input type="checkbox"/> 11. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada			
<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"/> 12. Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos			
<input type="checkbox"/> 5. Pórticos de acero	<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"/> 6. Pórticos de acero con perfiles tubulares	<input type="checkbox"/> 14. Viviendas de bahareque de un piso			
<input type="checkbox"/> 7. Pórticos de acero diagonalizados	<input type="checkbox"/> 15. Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.)			
<input type="checkbox"/> 8. Pórticos de acero con cerchas				
9.2 Indique el número del tipo estructural predominante: _____				
<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"/> "U"
<input type="checkbox"/> "T"	<input type="checkbox"/> Cajón	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Pirámide invertida	<input type="checkbox"/> "L"
<input type="checkbox"/> "U" e "C"	<input type="checkbox"/> Regular		<input type="checkbox"/> Piramidal	<input type="checkbox"/> Rectangular
				<input type="checkbox"/> Esbeltez vertical
				<input type="checkbox"/> Ninguno

Ilustración 24: Planilla de inspección de edificaciones (Parte D).

Fuente: FUNVISIS, 2014.






 <b>Gobierno Bolivariano de Venezuela</b>		Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación		Fundación Venezolana de Investigaciones Científicas (FUNVISIS)			
<b>12. Irregularidades (marcar con "x", múltiples opciones)</b>							
<input type="checkbox"/>	12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	<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"/>	12.2 Ausencia de muros en una dirección	<input type="checkbox"/>	12.10 Adosamiento: Losa contra columna	<input type="checkbox"/>	12.11 Separación entre edificios (cm): _____		
<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						
<b>13. Grado de deterioro (marcar con "x", una opción por pregunta)</b>							
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"/>	Buena	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Baja	
<b>14. Observaciones</b>							
<hr/> <hr/> <hr/>							
<b>15. Croquis de ubicación, fachada y planta</b>							
Croquis de ubicación				Croquis de fachada			
							
Croquis de planta							
							
<b>Para tomar:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 16.6%;">- Fachadas</li> <li style="width: 16.6%;">- Identificación de la edificación</li> <li style="width: 16.6%;">- Pendiente del terreno</li> <li style="width: 16.6%;">- Salud cercano</li> <li style="width: 16.6%;">- Tipo estructural</li> <li style="width: 16.6%;">- Elementos estructurales</li> <li style="width: 16.6%;">- Losas</li> <li style="width: 16.6%;">- Juntas</li> <li style="width: 16.6%;">- Nodos o conexiones</li> <li style="width: 16.6%;">- Ausencia de vigas altas</li> <li style="width: 16.6%;">- Presencia columna corta</li> <li style="width: 16.6%;">- Discontinuidad de elementos</li> <li style="width: 16.6%;">- Aberturas excesivas en planta</li> <li style="width: 16.6%;">- Asimetría en planta</li> <li style="width: 16.6%;">- Adosamiento</li> <li style="width: 16.6%;">- Grietas en paredes</li> <li style="width: 16.6%;">- Grietas o fisuras en elementos de concreto</li> <li style="width: 16.6%;">- Corrosión o deterioro en elementos de acero</li> <li style="width: 16.6%;">- Observaciones o casos especiales</li> </ul>							

Ilustración 25: Planilla de inspección de edificaciones (Parte 2).

Fuente: FUNVISIS, 2014.

## **Aplicación móvil para recolección de características sismorresistentes de edificios**

Los avances tecnológicos y las nuevas tendencias tienen que ir vinculadas a la ciencia, tecnología e innovación con la finalidad de sistematizar y optimizar procesos, para generar resultados de forma efectiva, eficiente y expedita que permitan mostrar un panorama general a los tomadores de decisión. (Escalona y Páez, 2016).

La aplicación móvil, desarrollada por el equipo de FUNVIVIS, complementa la metodología desarrollada para la determinación de índices de vulnerabilidad, riesgo sísmico y priorización de edificaciones; dando una alternativa rápida y confiable a la hora de realizar las inspecciones en las zonas homogéneas.

Esta aplicación móvil está disponible para teléfonos móviles y tablets con sistema operativo Android HoneyComb 3.0 o superior. Adicionalmente, en el material suministrado en el “Taller de Evaluación de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico en Edificaciones de Venezuela” (FUNVISIS, 2016), se explica de manera detallada como utilizar esta aplicación.



Ilustración 26: Imágenes de la aplicación móvil.

Fuente: FUNVISIS, 2016.

### Fase III

En esta fase se contabilizarán las edificaciones que existen en la parroquia, con la ayuda de la aplicación Google Earth.

A partir de las inspecciones realizadas en la fase II, se obtendrán las características de cada zona homogénea, y con los datos anteriormente mencionados se tendrá una cantidad aproximada de las edificaciones existentes así como un estimado de los habitantes de la parroquia Rafael Urdaneta del Área Metropolitana de Valencia.

Tabla 13: Promedio de Personas por vivienda.

Parroquia	Rafael Urdaneta
Promedio de personas por vivienda	3,74

Fuente: INE, 2011.

#### **Fase IV**

Se procederá a determinar los índices de amenaza, vulnerabilidad, importancia y de priorización de cada edificación inspeccionada, con el fin de compilar una base de datos de toda la información recabada, esencial para la estimación de los indicadores de vulnerabilidad de la parroquia en estudio y la generación de conclusiones de este trabajo de grado.

#### **Generalización de las zonas homogéneas estudiadas**

La descripción de zona homogénea permite la generalización de las características de cada sector, en cuanto a su sistema constructivo, año de construcción, entre otros. Por lo tanto, luego de estimar el número de edificaciones en cada zona homogénea, se tendrá un panorama general certero de toda la parroquia.

#### **Determinación del índice de Amenaza**

En la determinación de este índice es necesario tomar en cuenta la zona sísmica del lugar en estudio, de acuerdo a lo descrito en la norma sismorresistente



venezolana COVENIN 1756-2001, capítulo 4, Tabla 4.2. En el caso de la parroquia Rafael Urdaneta, al encontrarse en el municipio Valencia, y estando al norte del paralelo 10°N se considera una zona sísmica cinco (5) con un valor de  $A_0$  igual a 0.30. Además de encontrarse en una zona sin efectos topográficos, por lo tanto, el valor del índice de amenaza será de 0.68 (Tabla 3).

### **Determinación del índice de vulnerabilidad**

El índice de vulnerabilidad está asociado a varios factores como lo son: la antigüedad de 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.

Los factores mencionados anteriormente, se tomarán de la planilla suministrada por FUNVISIS, en donde a cada factor se le asignará un peso relativo de acuerdo al grado de importancia que poseen dentro del cálculo del índice de vulnerabilidad. Mediante la utilización de herramientas interactivas que faciliten los cálculos, se obtendrá el valor del índice deseado de cada edificación.

Tabla 14: Valoración del Índice de Vulnerabilidad.

Clasificación de Vulnerabilidad	Iv
Muy Elevada	$60 \leq Iv \leq 100$
Elevada	$40 \leq Iv \leq 60$
Media Alta	$30 \leq Iv \leq 40$
Media Baja	$20 \leq Iv \leq 30$
Baja	$10 \leq Iv \leq 20$
Muy Baja	$0 \leq Iv \leq 10$

Fuente: FUNVISIS, 2014.

### **Determinación del índice de riesgo**

El índice de riesgo se determinara como el índice de amenaza por el índice de vulnerabilidad (IAxIV), luego de obtener los resultados del índice de riesgo, estos se clasificaran en rangos para su estudio. Se establecerán los rangos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 15: Valoración del índice de Riesgo (IR).

Clasificación de Riesgo	IR
Muy Elevada	$60 \leq IR \leq 100$
Elevada	$40 \leq IR \leq 60$
Alto	$25 \leq IR \leq 40$
Media Alta	$15 \leq IR \leq 25$
Media Baja	$8 \leq IR \leq 15$
Baja	$3 \leq IR \leq 8$
Muy Baja	$0 \leq IR \leq 3$

Fuente: FUNVISIS, 2014

### **Índice de importancia**

Este índice se determinara 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 las nomenclaturas: 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 al número de personas que habitan la edificación.

Tabla 16: Valores del índice de Importancia (II).

<b>Grupo</b>	<b><math>N \leq 10</math></b>	<b><math>10 &lt; N \leq 100</math></b>	<b><math>100 &lt; N \leq 500</math></b>	<b><math>500 &lt; N \leq 1000</math></b>	<b><math>N &gt; 1000</math></b>
A1	0,9	0,92	0,95	0,97	1
A2	0,85	0,87	0,9	0,93	0,95
A3	0,8	0,82	0,85	0,87	0,9

Fuente: FUNVISIS, 2011.

### **Índice de Priorización**

Para obtener el 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.

Tabla 17: Valoración del índice de Priorización (IP).

Clasificación de la Priorización	IP
P1 (Prioridad máxima)	$60 \leq IP \leq 100$
P2	$50 \leq IP < 60$
P3	$40 \leq IP < 50$
P4	$30 \leq IP < 40$
P5	$25 \leq IP < 30$
P6	$20 \leq IP < 25$
P7	$16 \leq IP < 20$
P8	$12 \leq IP < 16$
P9	$8 \leq IP < 12$
P10	$5 \leq IP < 8$
P11	$2 \leq IP < 5$
P12 (Prioridad mínima)	$0 \leq IP < 2$

Fuente: FUNVISIS, 2014.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS Y RESULTADOS**

Los resultados obtenidos utilizando la metodología descrita en el capítulo III para el cálculo de los indicadores de riesgo sísmico de las edificaciones delimitadas en esta investigación, dependieron de la población estudiada. Por medio de la Planilla de Inspección de Edificaciones, suministrada por FUNVISIS, se logró recopilar una base de datos de la población estudiada, con la cual se van a obtener resultados de gran importancia para esta investigación y responder inquietudes acerca de las características sismorresistentes de la Parroquia Rafael Urdaneta del Área Metropolitana de Valencia.

Con la ayuda de material didáctico, donde se pueden mencionar gráficos y tablas se podrá explicar de manera explícita los datos obtenidos en la recopilación, así como los resultados más relevantes de esta investigación; obtenidos utilizando la metodología de cálculo de indicadores sísmicos. Tratando de enfatizar la importancia del estudio de esta área de la ingeniería en cuanto a la seguridad de los habitantes de las edificaciones.

Cabe destacar que al momento de la delimitación de las zonas homogéneas, se hizo utilizando la herramienta Google Earth, la cual brinda imágenes claras de las zonas a estudiar, pero sin tener una visión de campo del lugar a estudiar, por lo que algunas zonas homogéneas fueron agrupadas nuevamente para ofrecer una mejor caracterización de estas.



Ilustración 27: Delimitación de Zona Homogénea 38 "El Portal".

Fuente: Google Earth, 2016.

Recopilando información acerca de la población y número de viviendas de la Parroquia Rafael Urdaneta, a través de datos del censo del INE (2011) y por medio de Google Earth se obtuvo que en esta zona existen al menos 55022 viviendas, entre urbanizaciones y barriadas; distribuidas para la presente investigación en 66 zonas homogéneas, tomando en cuenta solo las áreas destinadas a urbanismos unifamiliares, multifamiliares y barriadas, dado el alcance que tiene esta investigación.

Se estima que en la parroquia, al momento de realizada esta investigación habitan alrededor de 194778 habitantes, cifra obtenida al multiplicar el promedio de habitantes por vivienda de la parroquia (Tabla 13) por la cantidad de viviendas estimadas en la parroquia.



Ilustración 28: Diferencia Zonas Homogéneas (Barrio-Edificio alta densidad).

Fuente: Elaboración propia.

Es de gran importancia mencionar que, debido a los problemas sociales y económicos que enfrenta la sociedad venezolana, de los cuales la Parroquia en estudio no se escapa, en varias zonas no se pudo hacer una recopilación fotográfica adecuada de las características de las viviendas, así como algunas zonas dentro de la parroquia no pudieron ser visitadas; sin embargo, se observó las características de las mismas desde Google Earth y se hizo una evaluación de estas.

## **Datos y resultados más relevantes obtenidos con la Planilla de Inspección de Edificaciones**

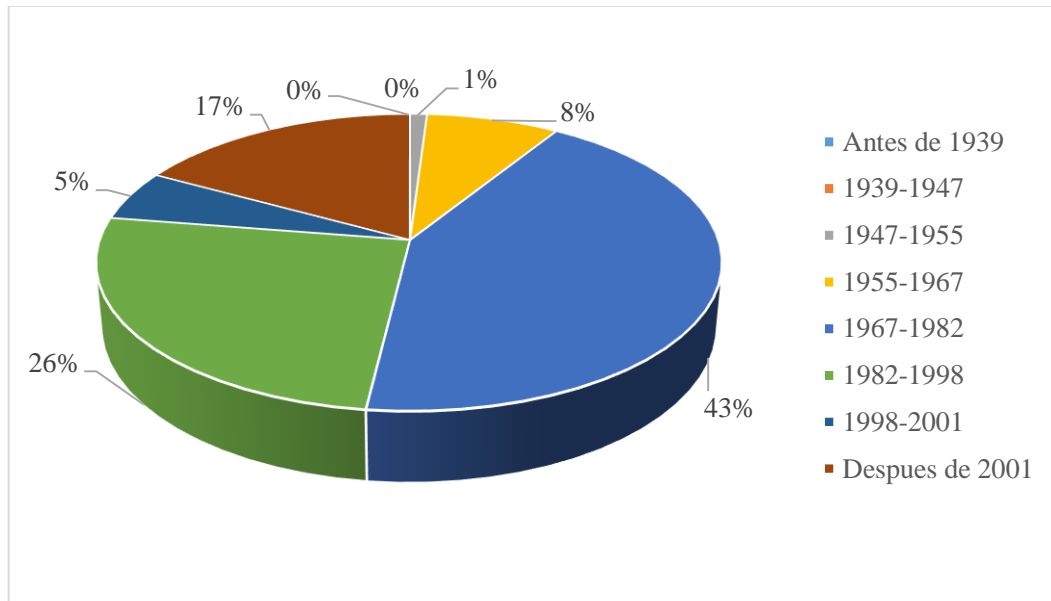
### **Distribución de las viviendas según periodo de construcción**

Los resultados arrojaron que el periodo de mayor incidencia de construcción de las edificaciones fue entre los años 1967 y 1982 con 43% del total de edificaciones (23661) , así como el periodo entre 1982 a 1998 con 25,6% del total (14062). Concordando con los años donde se inició el impulso industrial y residencial de la parroquia y de la región en general. Cabe destacar que fue en 1967 cuando en el país se empiezan a considerar criterios antisísmicos y se publica la norma MOP 1967.

Luego se encuentran los periodos entre 1998 y 2001, así como el de 2001 hasta la actualidad (Norma COVENIN 1756-2001) con el 5,4% (3013) y 17% (9375) de edificaciones respectivamente. Destacando el impulso que se le dio al sector vivienda por parte del sector privado y público (misión vivienda) desde el año 2007, generando un incremento en la construcción.

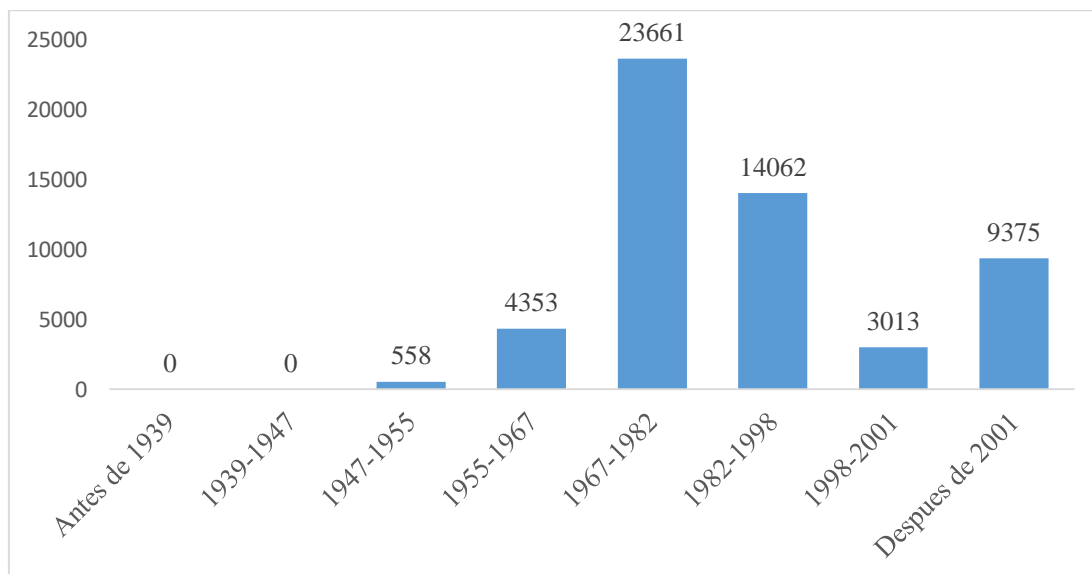
Por último, se puede destacar que entre los periodos de 1947 a 1955 y de 1955 a 1967 solo se construyeron el 1% (558) y 7.91% (4353) de las edificaciones existentes en la parroquia, respectivamente. Siendo las gacetas MOP 1947 y MOP 1955 las usadas para la construcción de las edificaciones d carácter formal.





Gráfica 1: Distribución Gráfica porcentual de las edificaciones según año de construcción.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 2: Distribución numérica de las edificaciones según año de construcción.

Fuente: Elaboración propia

## Tipo estructural de las edificaciones

La recopilación de datos arrojó que los tipos estructurales más comunes en la parroquia Rafael Urdaneta fueron los sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección (algunos sistemas tipo túnel), con 36.51% del total (20089), seguidamente de los sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos, vistos mayoritariamente en zonas populares o barriadas, con el 25,3% del total de las viviendas estudiadas (13951).



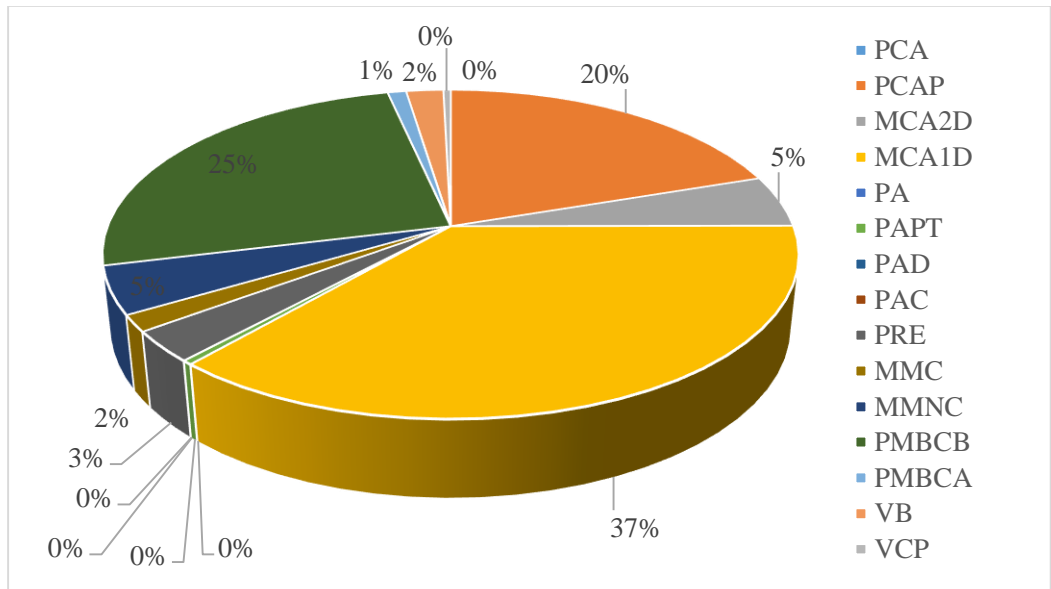
Ilustración 29: Vivienda construida con muros de concreto en una dirección.

Fuente: Elaboración propia.

Otro sistema predominante en las viviendas construidas en la parroquia es el de pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto, con alrededor del 19,88% (10937) del total. Siendo este un sistema recomendado, por su capacidad de disipar la acción de los sismos.

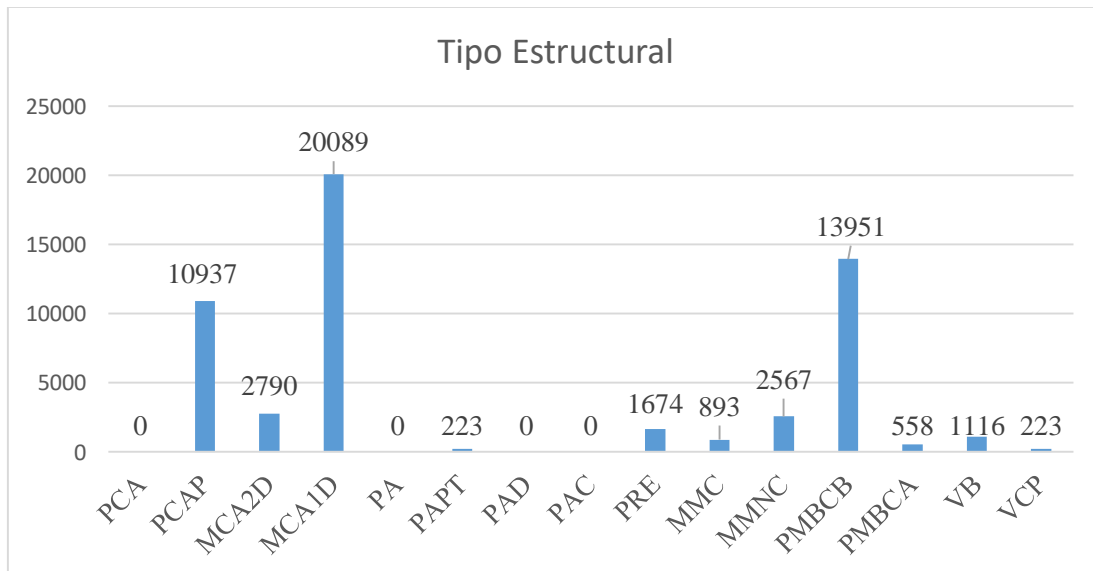
Los datos obtenidos también mostraron que se han utilizado sistemas de muros de concreto armado en dos direcciones horizontales en 5% de los casos (2790), muros de mampostería no confinada en 4,66% (2567) de las edificaciones, sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos en el 3% (1674), viviendas de bahareque de un piso con 2% (1116), sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada en 1,62% de las viviendas (893), sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos en 1% de los casos (558), pórticos de acero con perfiles tubulares en 0,41% de estas (223) y se contabilizaron 223 viviendas de construcción precaria (0,41%).

Cabe destacar que no se observaron algunos sistemas constructivos presentes en la Planilla de Inspección de Edificaciones, tales como los de pórticos de concreto armado, pórticos de acero, pórticos de acero diagonalizados y pórticos de acero con cerchas. Esto en las edificaciones de uso residencial, limitación de este trabajo de grado.



Gráfica 3: Distribución Gráfica porcentual de las edificaciones según tipos constructivos.

Fuente: Elaboración Propia.



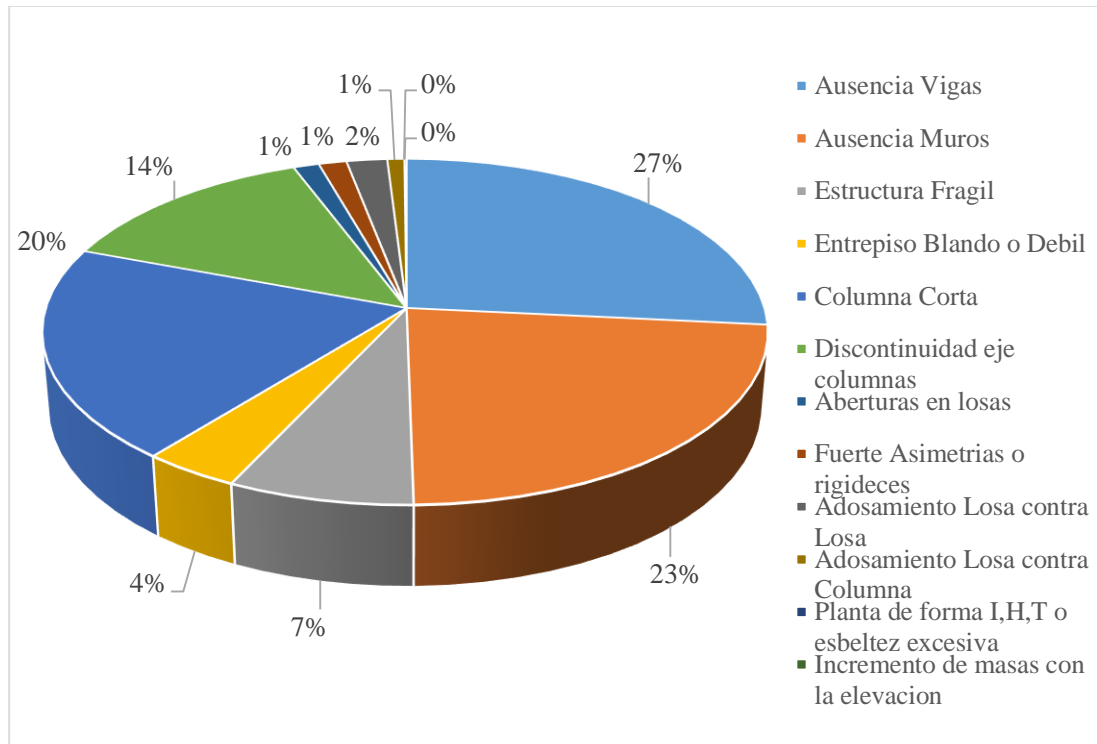
Gráfica 4: Distribución numérica de las edificaciones según tipo constructivo.

Fuente: Elaboración Propia

## **Distribución de las irregularidades presentes en las edificaciones**

Los datos obtenidos para este trabajo de grado dieron como resultado que las irregularidades más comunes presentes en las edificaciones eran la ausencia de vigas altas en una o dos direcciones (26,6%), ausencia de muros en una dirección (23,1%), presencia de columnas cortas (19,93%) y la discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes (13.5%). Siendo estos datos importantes a la hora de implementar planes de acción acerca de algún reforzamiento puntual que deba hacerse en la edificación.

También se observaron algunas irregularidades no tan presentes en las edificaciones estudiadas, pero igual de importantes para la vulnerabilidad de la edificación, tales como la estructura frágil (7,25%), presencia de al menos un entrepiso débil o blando (3,8%), aberturas significativas en losas (1,3%), fuerte asimetría de masas o rigideces en plantas (1,4%), adosamientos de losa contra losa (2,05%) y adosamiento de losas contra columnas (0,86%).



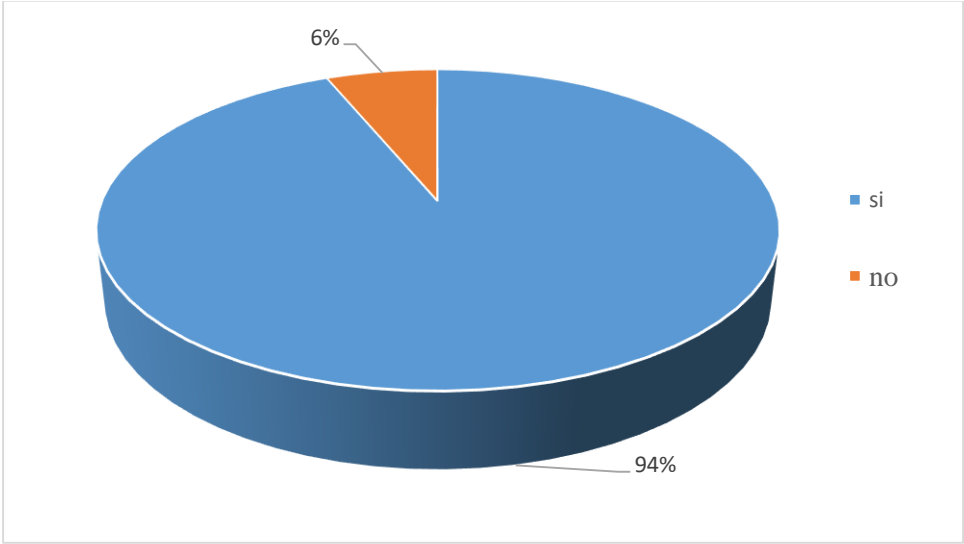
Grafica 5: Distribución Grafica porcentual de las edificaciones según sus irregularidades estructurales.

Fuente: Elaboración Propia.

### **Distribución de las edificaciones según la presencia de drenajes en las calles de los urbanismos y barriadas**

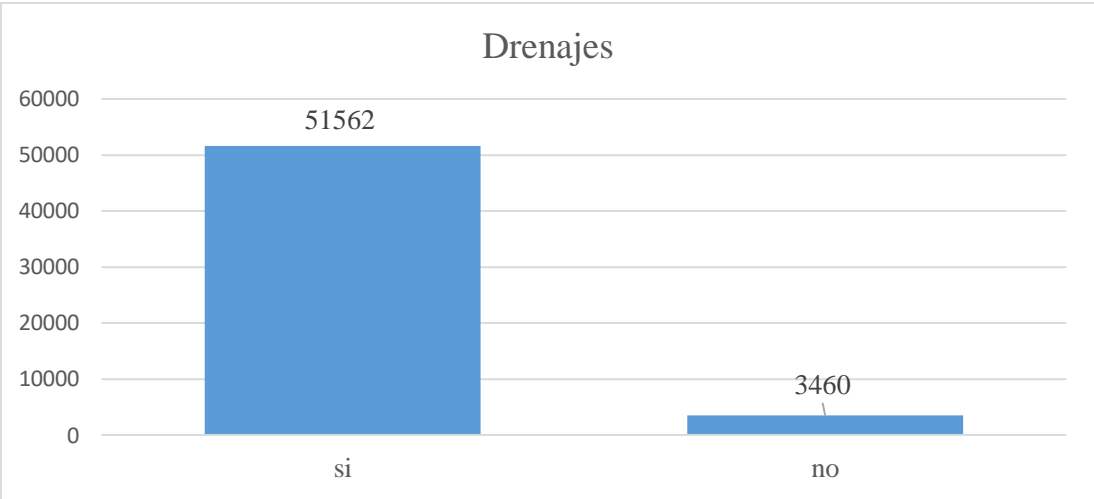
Los datos obtenidos en esta sección de la planilla dieron como resultado que el 94% de las edificaciones de la Parroquia Rafael Urdaneta poseen un sistema de drenajes en sus calles, ya sea que haya sido planificado en el caso de las urbanizaciones, o puesto a posteriori por los organismos competentes en el caso de las barriadas e invasiones no planificadas. Dejando solo un 6% de las edificaciones

sin cobertura de drenajes, siendo estas en su totalidad, edificaciones ubicadas en invasiones hechas en los últimos años.



Gráfica 6: Distribución gráfica porcentual de las edificaciones según la presencia de drenajes.

Fuente: Elaboración propia.



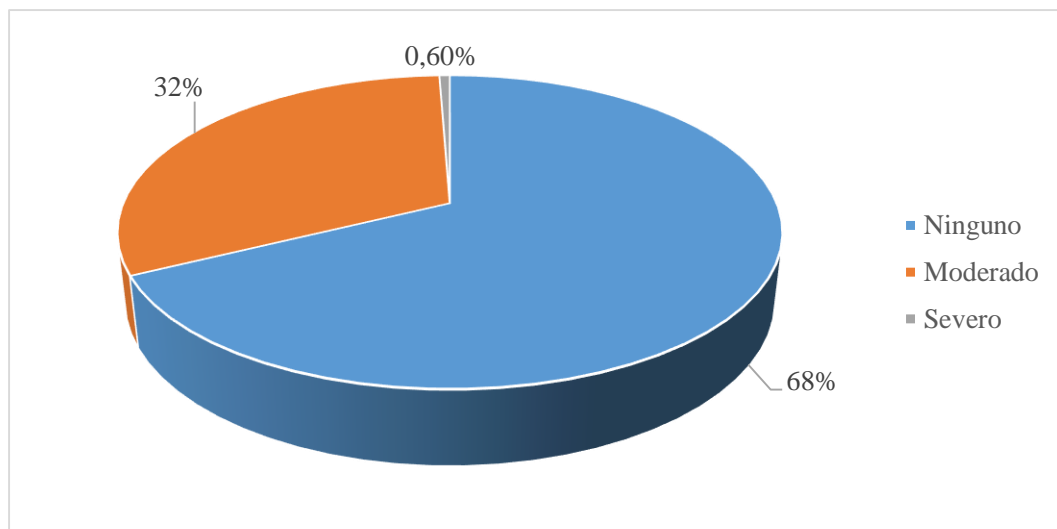
Gráfica 7: Distribución de las edificaciones por presencia de drenajes.

Fuente: Elaboración propia.

### **Distribución según el grado de deterioro del concreto en las edificaciones de la parroquia**

El 67,75% de las edificaciones construidas en concreto (37277), tomadas como muestra, no presentaron ningún tipo de deterioro en cuanto a daño o colapso de su estructura. Sin embargo, cabe destacar que 31,64% de las edificaciones (17411) presentaron algún daño moderado a su estructura, lo cual, sin un mantenimiento correctivo óptimo en el corto plazo podría generar daños severos y comprometer la capacidad de resistencia de la edificación ante un sismo.

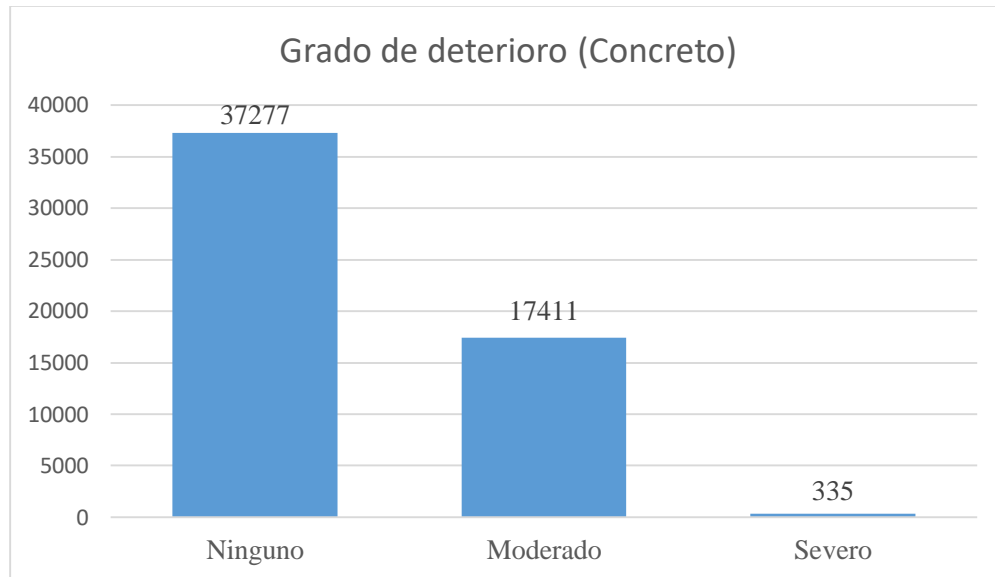
El restante 0,60% de las edificaciones (335) posee un daño severo a su estructura de concreto, lo cual complica en gran medida su estabilidad, aun sin la presencia de sismos.



Grafica 8: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su daño a la estructura de concreto.

Fuente: Elaboración propia.





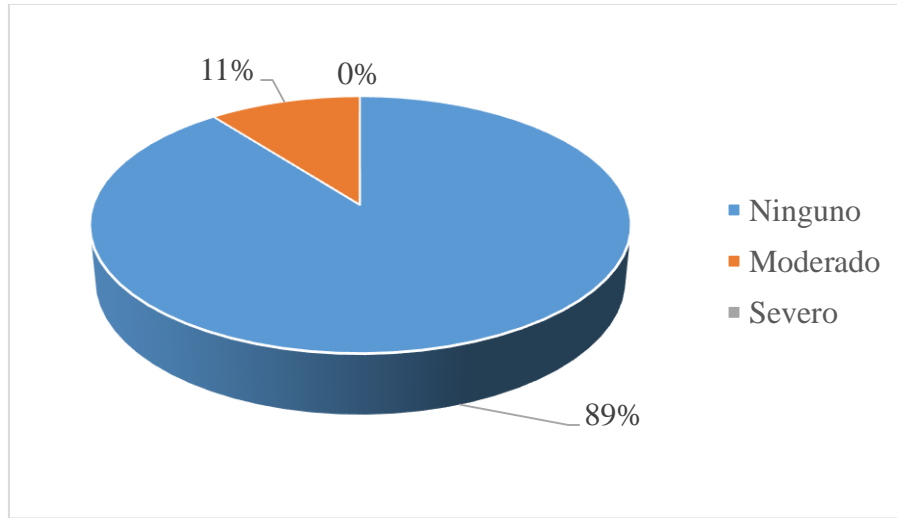
Grafica 9: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de deterioro a la estructura de concreto.

Fuente: Elaboración propia

### **Distribución según el grado de deterioro del acero en las edificaciones de la parroquia**

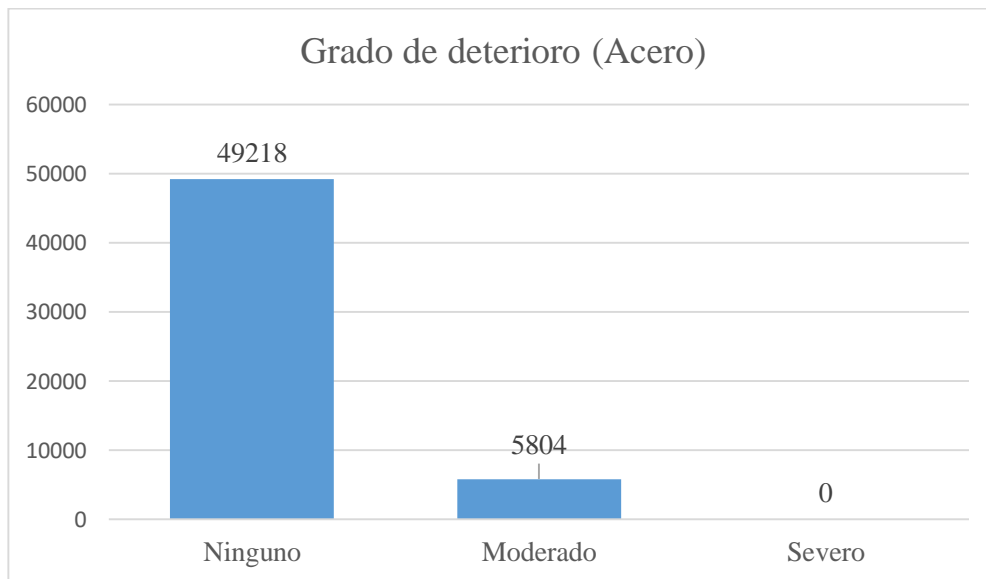
Los datos obtenidos arrojaron que en las edificaciones que tenían alguna estructura de acero, en el 89% de los casos (49218), el grado de deterioro de su estructura fue ninguno, seguido por un 10,55% de las estructuras que presentaron un moderado deterioro (5804).

Ninguna de las edificaciones tomadas como muestra presentó un deterioro severo en alguno de sus componentes de acero.



Gráfica 10: Distribución gráfica porcentual de las edificaciones según el grado de deterioro a su estructura de acero.

Fuente: Elaboración Propia.



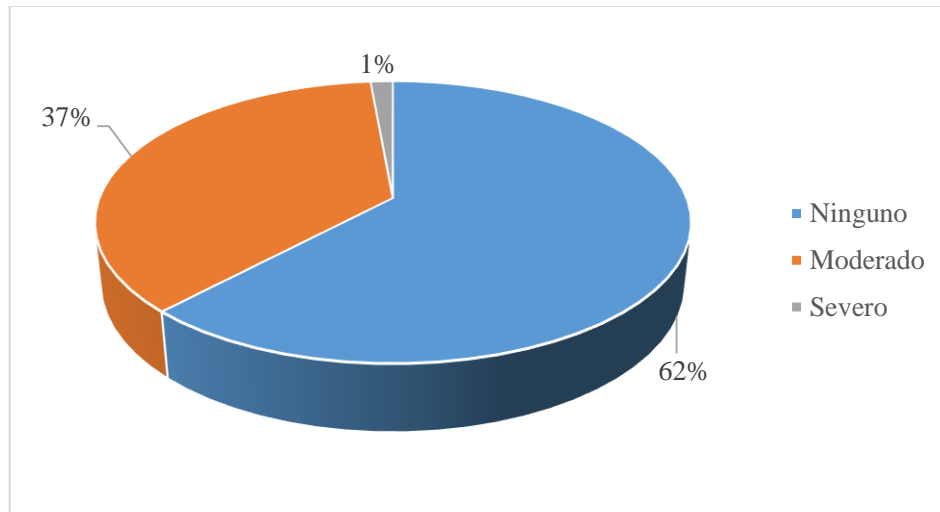
Gráfica 11: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de deterioro en su estructura de acero.

Fuente: Elaboración propia.

## **Distribución del estado de agrietamiento en paredes de relleno de las edificaciones estudiadas**

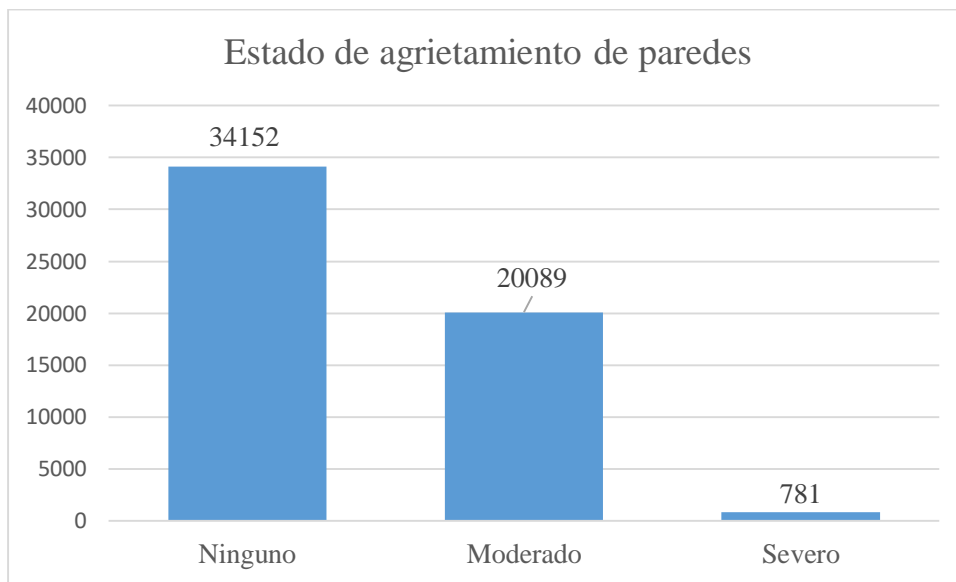
Los datos recabados en las inspecciones realizadas mostraron que en un 62% de los casos las edificaciones (34152) no presentaban ningún daño o agrietamiento en sus paredes de relleno. Sin embargo, en un 36,51% de los casos (20089 viviendas) se observó algún tipo de agrietamiento moderado. Aproximadamente 567 viviendas de la parroquia en estudio (1.42%) se observó un agrietamiento severo en las paredes, siendo los barrios o invasiones los lugares más frecuentes donde fueron vistos estos problemas.

La Urbanización Las Quintas de Flor amarillo, en 50% de las edificaciones estudiadas existieron problemas de agrietamiento moderado de paredes de relleno, lo cual es un valor muy alto para una zona de construcciones formales, por lo que es necesario un estudio más profundo para hallar más respuestas acerca de esta particularidad.



Gráfica 12: Distribución gráfica porcentual de las edificaciones según su grado de deterioro en paredes de relleno.

Fuente: Elaboración propia.



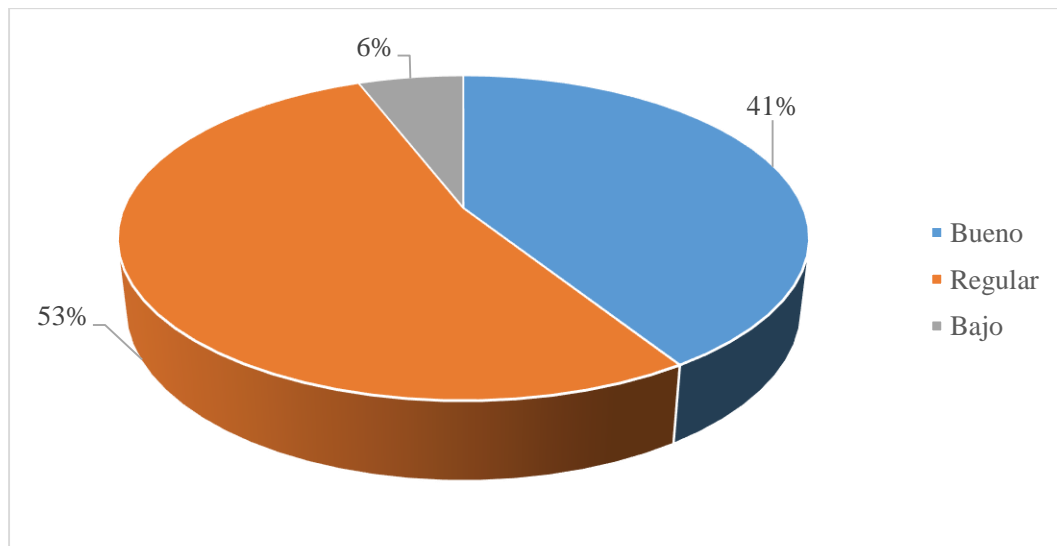
Gráfica 13: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de deterioro en paredes de relleno.

Fuente: Elaboración propia

## Distribución del estado general de mantenimiento de las edificaciones estudiadas

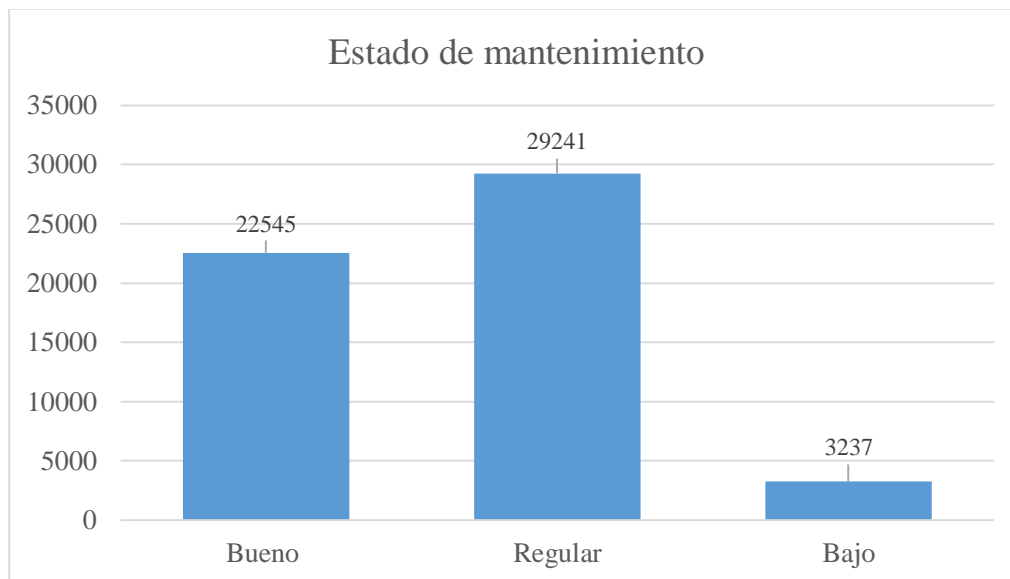
Los datos obtenidos acerca del mantenimiento brindado a las edificaciones dieron como resultado que 41% de las edificaciones (22545) tienen un estado bueno de mantenimiento, el 53% (29241) de las edificaciones tiene un mantenimiento regular, y un 5,88% (3237) de las viviendas tiene un bajo mantenimiento.

Es de importancia realizar un mantenimiento de las edificaciones cada cierto tiempo, por lo que es de preocupar que el 53% de las de la parroquia Rafael Urdaneta este recibiendo de manera regular, ya que se podrían evitar daños en la parte estructural y comprometer la estructura.



Gráfica 14: Distribución gráfica porcentual de las edificaciones según estado de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

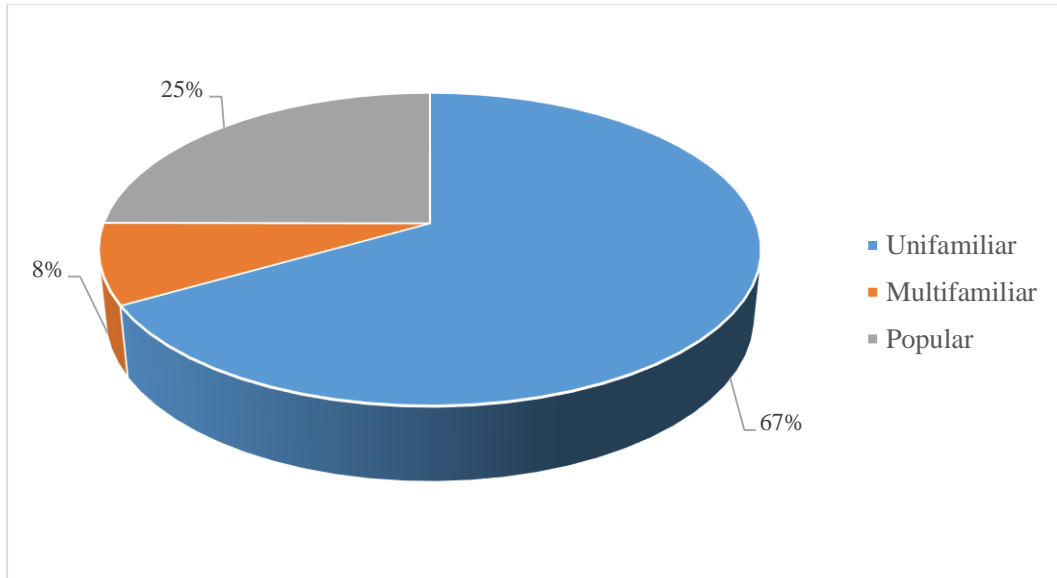


Grafica 15: Distribución numérica de las edificaciones según su estado de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

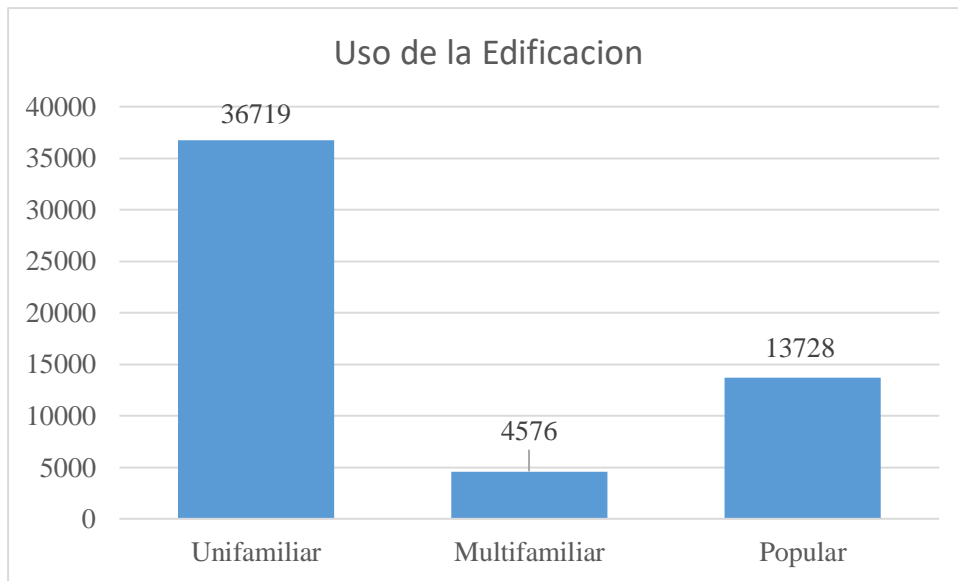
### **Distribución del uso de las edificaciones existentes en la parroquia**

Los datos analizados de las muestras tomadas por la Planilla de Inspección de Edificaciones mostraron que el 66.70% de las edificaciones (36719) son de carácter unifamiliar (viviendas de 1 o 2 pisos), 25% (13728) son viviendas populares (ranchos o viviendas autoconstruidas) y 8,30% (4576) son edificaciones de carácter multifamiliar (edificios de apartamentos de más de 3 pisos).



Gráfica 16: Distribución gráfica porcentual de las edificaciones según su uso.

Fuente: Elaboración propia.

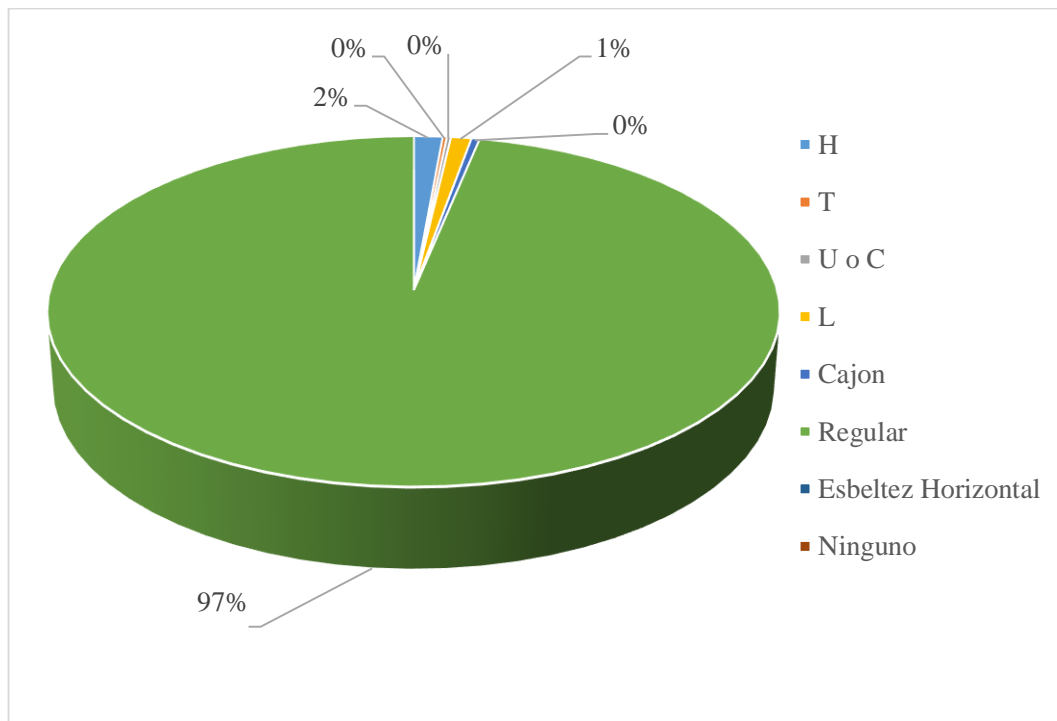


Gráfica 17: Distribución numérica de las edificaciones según su uso.

Fuente: Elaboración propia.

### Distribución del esquema de planta de las edificaciones de la parroquia

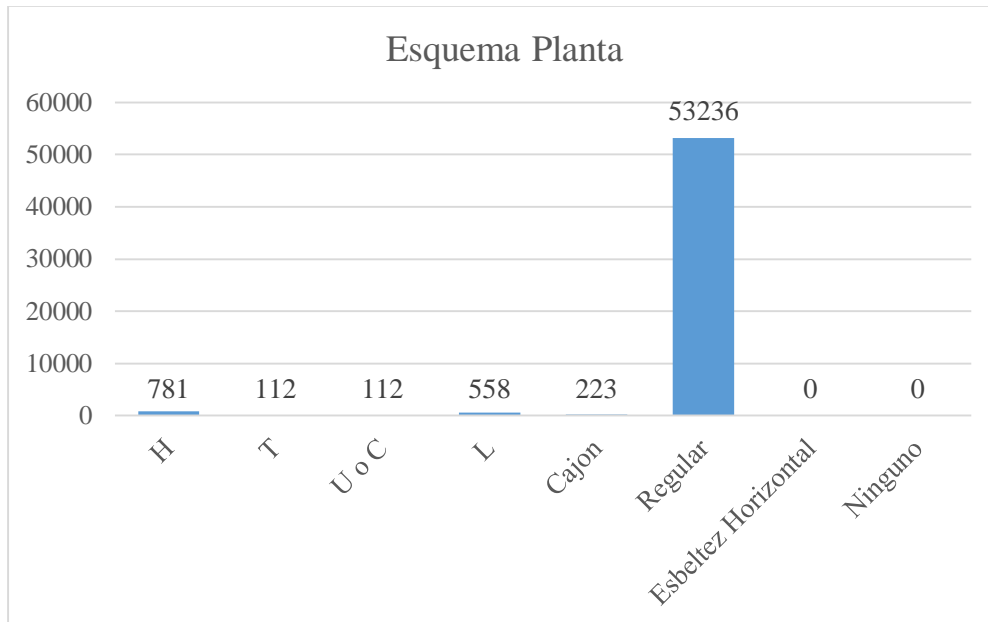
A partir de la observación de las estructuras tomadas como muestra se tiene que el 96.75% de las viviendas (53236) tenían un esquema de planta de tipo regular, 1,41% (781) tenían un esquema en forma de “H”, 1,01% (558) tenían una planta en forma de “L”, el resto de las viviendas se distribuían en forma de Cajón, U o C y en forma de T, 0,40%, 0,20% y 0,20% respectivamente.



Gráfica 18: Distribución gráfica porcentual de las edificaciones según su esquema de planta.

Fuente: Elaboración Propia.



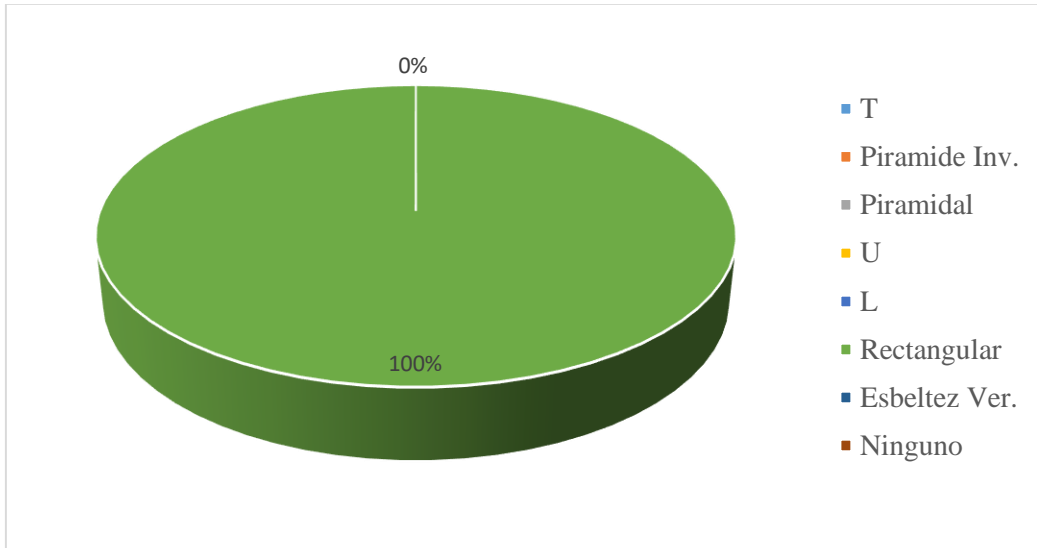


Grafica 19: Distribución numérica de las edificaciones según su esquema de planta.

Fuente: Elaboración propia

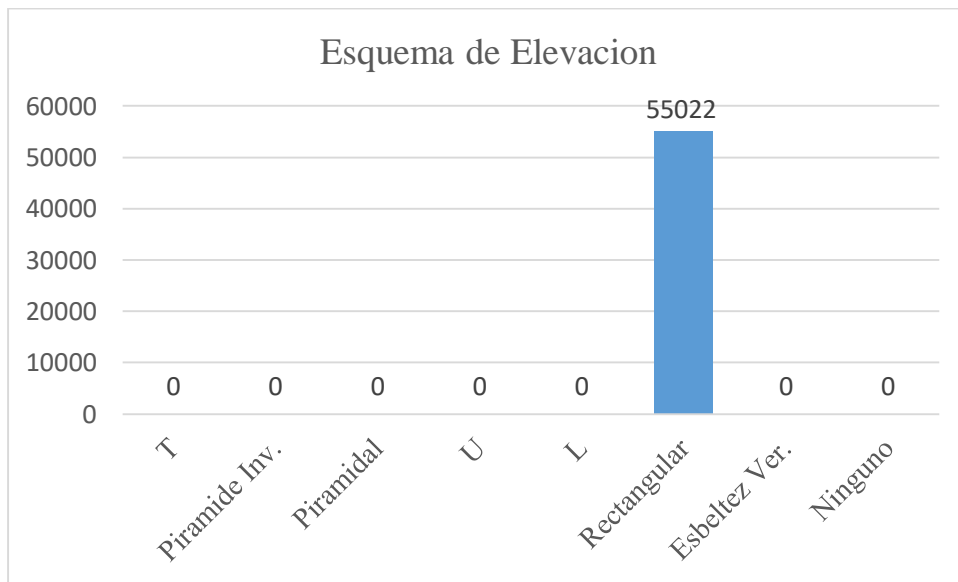
### **Distribución del esquema de elevación de las edificaciones de la parroquia**

Las 55022 edificaciones residenciales estimadas de la parroquia (Viviendas Unifamiliares, Multifamiliares y populares) tuvieron un esquema de elevación rectangular. Es decir, no presentaron incrementos o disminución de su área de construcción.



Grafica 20: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su esquema de elevación.

Fuente: Elaboración Propia.



Grafica 21: Distribución numérica de las edificaciones según su esquema de elevación.

Fuente: Elaboración propia.

## Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones analizadas

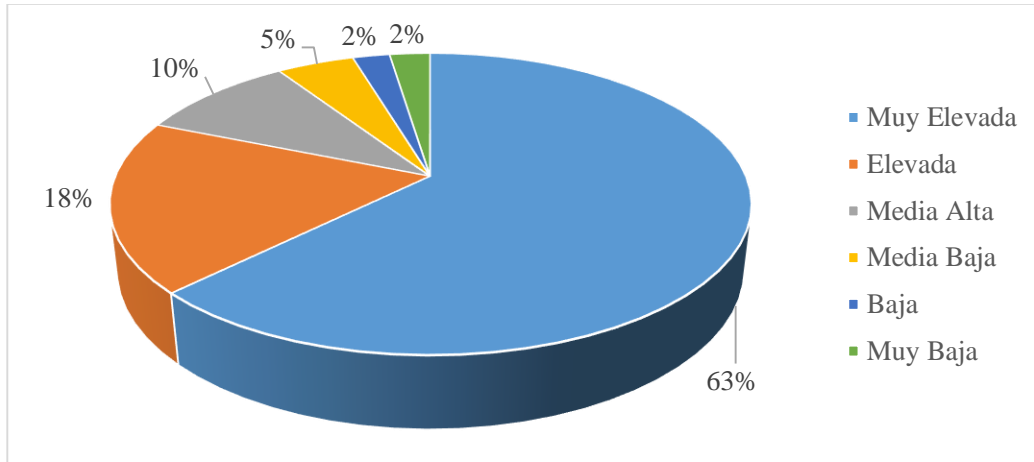
A partir de los resultados obtenidos, luego de utilizar los cálculos mencionados en el capítulo III, se encontró que existe una vulnerabilidad “Muy elevada” en las edificaciones de la zona, representando el 62,68% de las edificaciones o 34486 contabilizadas. También existe un 18,46% de las edificaciones que poseen una “Elevada” vulnerabilidad o alrededor de 10156 contadas. Así como un 9,53% o 5246 edificaciones con vulnerabilidad “Media Alta”. Lo cual indica que existe un caso de debilidad estructural ante los sismos que puedan suscitarse.



Ilustración 30: Edificación de mampostería de baja calidad calificada como "Muy Vulnerable".

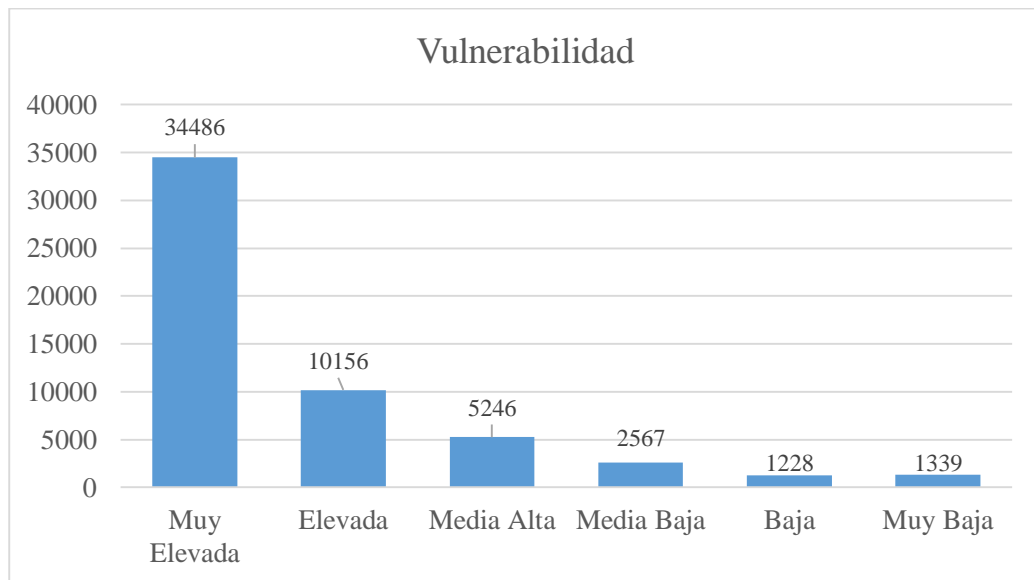
Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que solo un 9,32% aproximadamente de las edificaciones tiene un riesgo entre “Medio Bajo”, “Bajo” y “Muy Bajo” de vulnerabilidad sísmica, representando solo alrededor de 5134 viviendas que podrían resistir ante la acción de un sismo de gran magnitud.



Gráfica 22: Distribución gráfica porcentual de las edificaciones según su vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración Propia.



Gráfica 23: Distribución numérica de las edificaciones según su grado de vulnerabilidad sísmica.

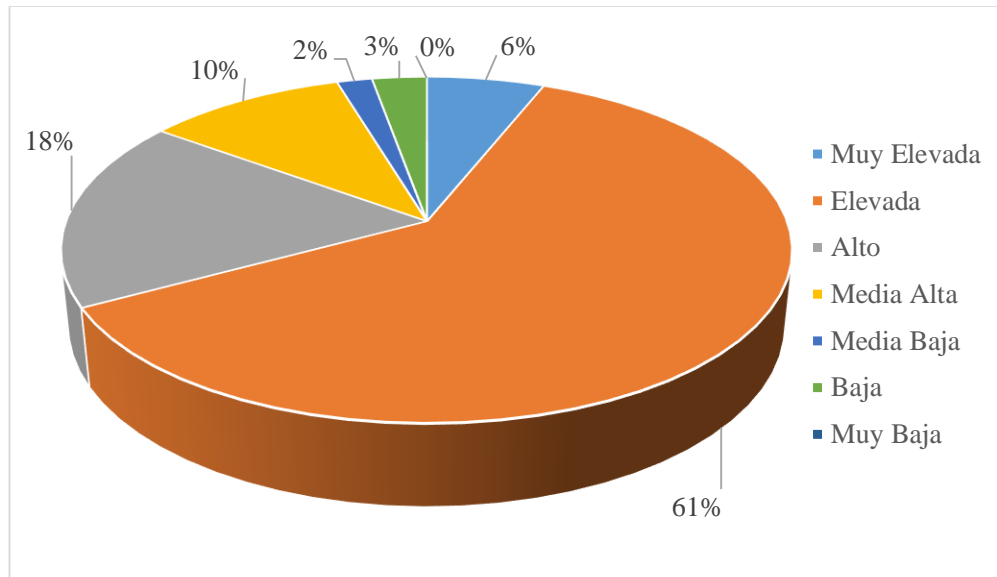
Fuente: Elaboración propia

## **Evaluación del riesgo en las edificaciones analizadas**

A partir de los resultados obtenidos de la aplicación del método para el cálculo del riesgo se obtuvo que 3348 edificaciones o 6,08% de ellas presenta un riesgo “Muy Elevado” ante eventos sísmicos, así como un 61,05% o alrededor de 33594 edificaciones de viviendas presentan un riesgo “Elevado” de presentar fallas ante estos eventos.

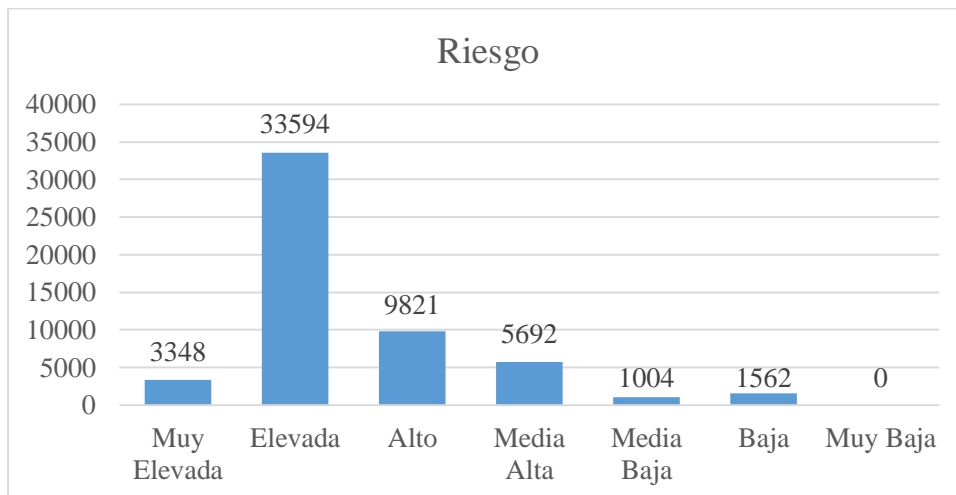
Además, alrededor de 9821 o el 17,85% de las edificaciones presenta un riesgo “Alto” y un 10,34% de las muestras o 5692 viviendas presenta un riesgo de tipo “Medio-Alto” ante cualquier evento de magnitud sísmica importante.

El resto de las edificaciones estudiadas, es decir alrededor de un 4,65% de las muestras o 2566 edificaciones presentan un riesgo entre “Medio-Bajo” y “Bajo”, lo cual es de preocupar, ya que se deben tomar los correctivos necesarios para evitar una catástrofe.



Grafica 24: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su riesgo ante eventos sísmicos.

Fuente: Elaboración propia.



Grafica 25: Distribución grafica de las edificaciones según su riesgo ante eventos sísmicos.

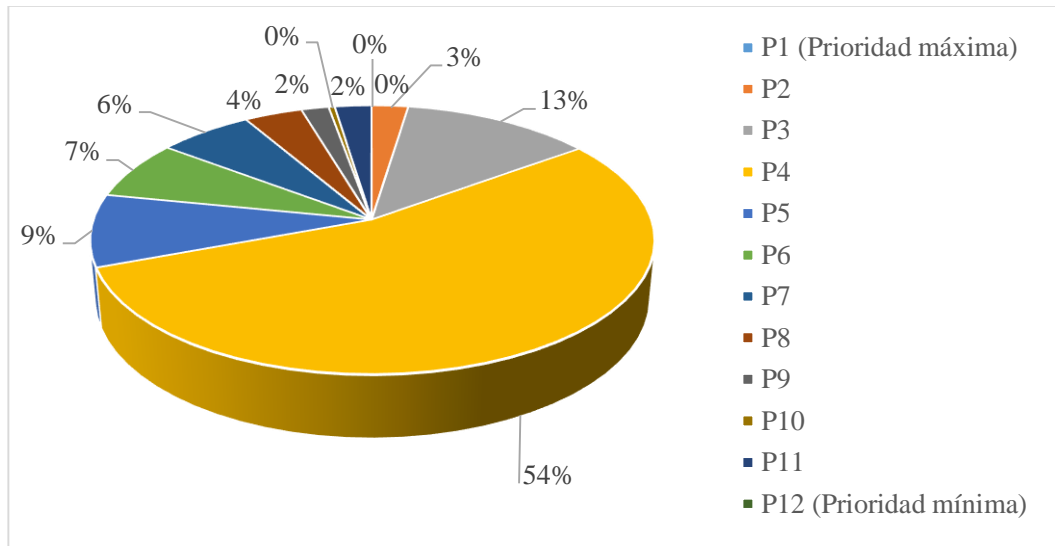
Fuente: Elaboración propia.

## **Distribución de la priorización según las edificaciones analizadas**

Los resultados obtenidos arrojaron que, en caso de darse la creación de un mapa de priorización sísmica para autoridades encargadas en caso de un sismo, alrededor del 78,1% de las edificaciones, es decir, 42968 viviendas estarían entre la prioridad P2, P3, P4 y P5, lo cual quiere decir que se requeriría una gran atención por parte de las autoridades competentes para poder resguardar o salvar las vidas que puedan estar en peligro ante un evento sísmico de gran magnitud.

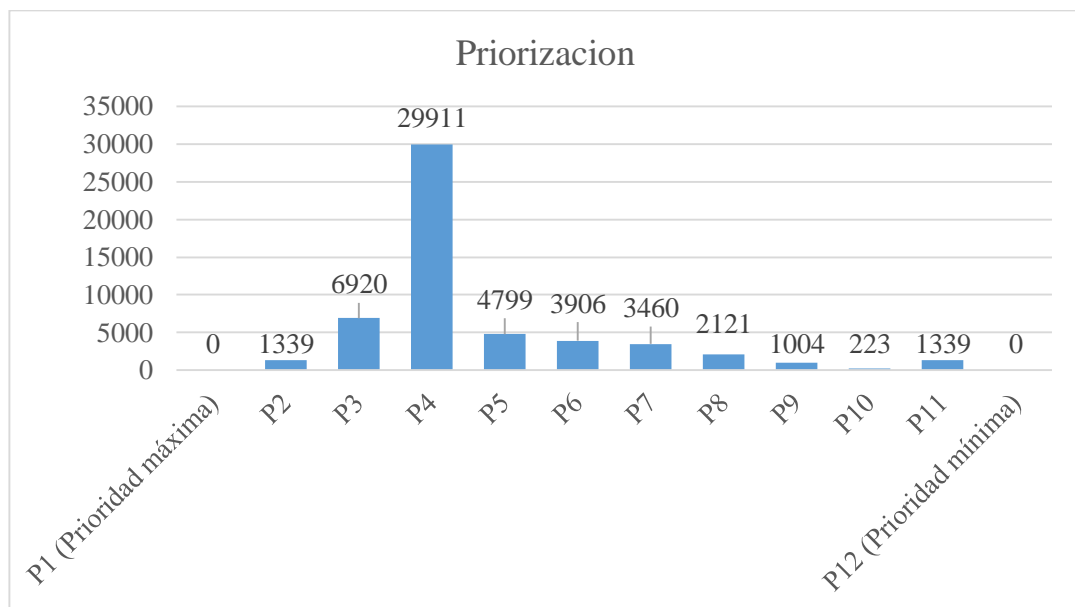
Por otro lado, estas zonas, aparte de tener un grado de priorización alta, se encuentran en zonas donde el acceso en condiciones normales es difícil, en caso de un sismo, las condiciones de las vías llegarían a un punto de colapso, donde sería muy difícil socorrer a las personas que probablemente puedan resultar heridas.

Solo un 21,9% de las muestras tomadas en este estudio, o alrededor de 12053 viviendas contabilizadas en este estudio, puede decirse que tienen un grado de priorización bajo (entre P6 y P12), pudiendo ser reparados sus daños de manera económica, sin afectar la vida de los residentes de estas.



Gráfica 26: Distribución grafica porcentual de las edificaciones según su grado de Priorización.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 27: Distribución numérica de las edificaciones según su Priorización.

Fuente: Elaboración propia.



## CONCLUSIONES

En este trabajo de grado se logró definir un conjunto de zonas homogéneas que abarcaran el grupo de urbanizaciones y barriadas existentes en la parroquia, así como se tomaron fotos satelitales de la herramienta mencionada en capítulos anteriores, para tener una idea certera de la ubicación de cada zona homogénea en cuestión.

Se realizó un conteo aproximado, usando la herramienta de imágenes satelitales Google Earth, de las viviendas y edificaciones destinadas a uso residencial en la parroquia, lo cual arrojó que existen alrededor de 55022 viviendas en la parroquia, distribuidas en 66 zonas homogéneas agrupadas según la metodología explicada en capítulos anteriores.

Se pudo recolectar una base de datos, a través de inspecciones realizadas a las diferentes zonas homogéneas y la utilización de la Planilla de Inspección de Edificaciones, suministrada por el organismo FUNVISIS, donde se recabaron las características sismorresistentes de las muestras elegidas y consideradas en este estudio (edificios, quintas, casas y viviendas informales). Pudiéndose generar, mediante análisis de las características ya mencionadas, un índice de priorización de las edificaciones.

Se encontró que al menos 87,14% de las edificaciones, es decir, alrededor 44600 viviendas de la parroquia se encuentran en un rango de vulnerabilidad entre “Muy Elevado” a “Elevado”, representando un gran riesgo para la integridad de las personas que habitan en estas viviendas clasificadas dentro de este rango.

Seguidamente se pudo determinar que alrededor del 84,90% de las edificaciones o aproximadamente 47700 viviendas, según la muestra analizada se encuentran en un riesgo entre “Muy Elevado” a “Alto”, ante la acción que un evento sísmico pueda generar en el sector sometido a estudio.

Finalmente se obtuvo como resultado que alrededor del 78,1% de las edificaciones se encuentran entre las nomenclaturas P2, P3, P4 y P5 de la escala de priorización en cuando a riesgo sísmico se refiere. Significando esto que casi 43000 viviendas o 152000 habitantes se encuentran dentro de este peligroso rango. Pudiendo generar un gran colapso en la parroquia al momento de intervenir tras la llegada de un evento sísmico de gran magnitud. Considerándose particularmente impostergable el desarrollo de medidas de mitigación para estas edificaciones.

## RECOMENDACIONES

Es de suma importancia, dado que la incorporación del riesgo sísmico es un factor que puede detallar en mayor medida la prioridad que tiene una zona en cuanto a su atención y desarrollo de medidas preventivas, que se realicen más inspecciones y otros trabajos que puedan ahondar más en esta problemática, de gran importancia para toda la sociedad en general.

Debido a la gran desconfianza que pueden sentir los entrevistados al momento de contestar las interrogantes de la Planilla de Inspección de Edificaciones, es de importancia que se divulgue a las comunidades sobre el equipo que va a estar encargado de realizar estas visitas, así como tener un indicativo del ente u organismo para el cual se está realizando el trabajo.

El registro fotográfico de todas edificaciones inspeccionadas no pudo ser llevado en su totalidad, dado el problema de resguardo del equipo fotográfico y la disposición de los entrevistados en permitir que sus propiedades sean fotografiadas, tanto interior como exteriormente.

Debido a la alta vulnerabilidad que presenta la zona, se sugiere que se realicen inspecciones detalladas, como es el caso de un análisis dinámico y de respuesta ante fuerzas sísmicas, en las edificaciones que se encuentren entre P2 y P5 de la escala de Priorización, así como plantear soluciones que puedan resultar económicas y accesibles a los propietarios, con el fin de mitigar los riesgos existentes y peligro que pueda representar para sus vidas.

Es menester que las investigaciones acerca de vulnerabilidad y riesgo sísmico sean del dominio público, divulgadas por el organismo encargado y crear conciencia en la sociedad acerca de este tema, ya que la vida y patrimonio individual de la población tomada como muestra en esta investigación se encuentra en un riesgo latente y puede ser afectado ante un evento sísmico de gran escala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo B, Erika Andrea y Sumoza E, Leonard Alberto. (2010). Determinación del índice de vulnerabilidad estructural ante amenaza sísmica de las edificaciones en la parroquia Rafael Urdaneta del Municipio Valencia, Estado Carabobo.

Arnold C. & Reitherman R. (1982). Building Configuration Seismic Design. Canada.

INE, 2011. Censo Nacional de Población y Vivienda. <http://www.ine.gov.ve/CENSO2011/>

Acosta Domingo, (2014). Biblioteca popular de sismología venezolana, vivienda segura ante amenazas naturales: Vivienda de mampostería confinada con perfiles de acero. Caracas Venezuela.

Alcalá, L. y Alcalá, V. (2012). Índice de priorización de las edificaciones para la gestión de riesgo sísmico del municipio Libertador y parroquia San José del municipio Valencia, Estado Carabobo.

Bertero V. (1971) NISEE University of California, Berkeley. [www.nisee.berkeley.edu](http://www.nisee.berkeley.edu)

Blanco Mariela, (2012). Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente. Caracas.

Cardona, O. (2004) Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud (2ª ed). Washington, D.C. Organización Panamericana de la Salud. [www.paho.org/desastres](http://www.paho.org/desastres)

COVENIN. (2001). Edificaciones Sismorresistentes. Norma COVENIN 1756:2.001. Venezuela.

Coronel D, Gustavo y Martínez Vladimir, (2015). Definición de Zonas Homogéneas para la Evaluación de Riesgo Sísmico en Venezuela.

Coronel D, Gustavo y López, Oscar A. (2015). El riesgo sísmico en caracas desde

una visión integral.

Lanza Fredy (2014). Consideraciones estructurales para el diseño sismorresistente.

López et al, (2014). Índices de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico (3ra Versión).

Palazzi, Inés y Sánchez Jesús. (2005). Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante amenaza sísmica de las edificaciones del Municipio Valencia.

Rojas J y Tondolo A. (2009). Determinación de los índices de vulnerabilidad estructural ante una amenaza sísmica a partir de metodologías existentes, en la zona noroeste de la Parroquia San José del Municipio Valencia, Edo. Carabobo.

Rodríguez, Y. (2007). La Experiencia de Investigar. Recomendaciones precisas para realizar una investigación y no morir en el intento. Venezuela: Predios.

Rodríguez Daniel, (2014). Biblioteca popular de sismología venezolana, vivienda segura ante amenazas naturales: Caracterización y Condicionamiento del terreno. Caracas Venezuela.

Singer André, (2014). Biblioteca popular de sismología venezolana, vivienda segura ante amenazas naturales: Introducción a las amenaza naturales, Evaluación de la amenaza sísmica. Caracas Venezuela.

Tavera Hernando, (1993). La Tierra, Tectónica y Sismicidad. Perú Lima.

Vásquez Raquel (2009). Aporte de la red sismológica nacional en la evaluación de la amenaza sísmica de Venezuela.

Vyacheslav, Z. (2004). Los terremotos y sus peligros: ¿Cómo sobrevivir a ellos? Universidad de Colima, México. [books.google.co.ve](http://books.google.co.ve)

## ANEXOS



Ilustración 31: Ejemplo de delimitación de zonas homogéneas.

Fuente: Google Earth, 2016.



Ilustración 32: Ubicación de inspecciones realizadas en la Herramienta Google Earth, Zona Homogénea 34, 37, 38 y 43.

Fuente: Google Earth, 2016





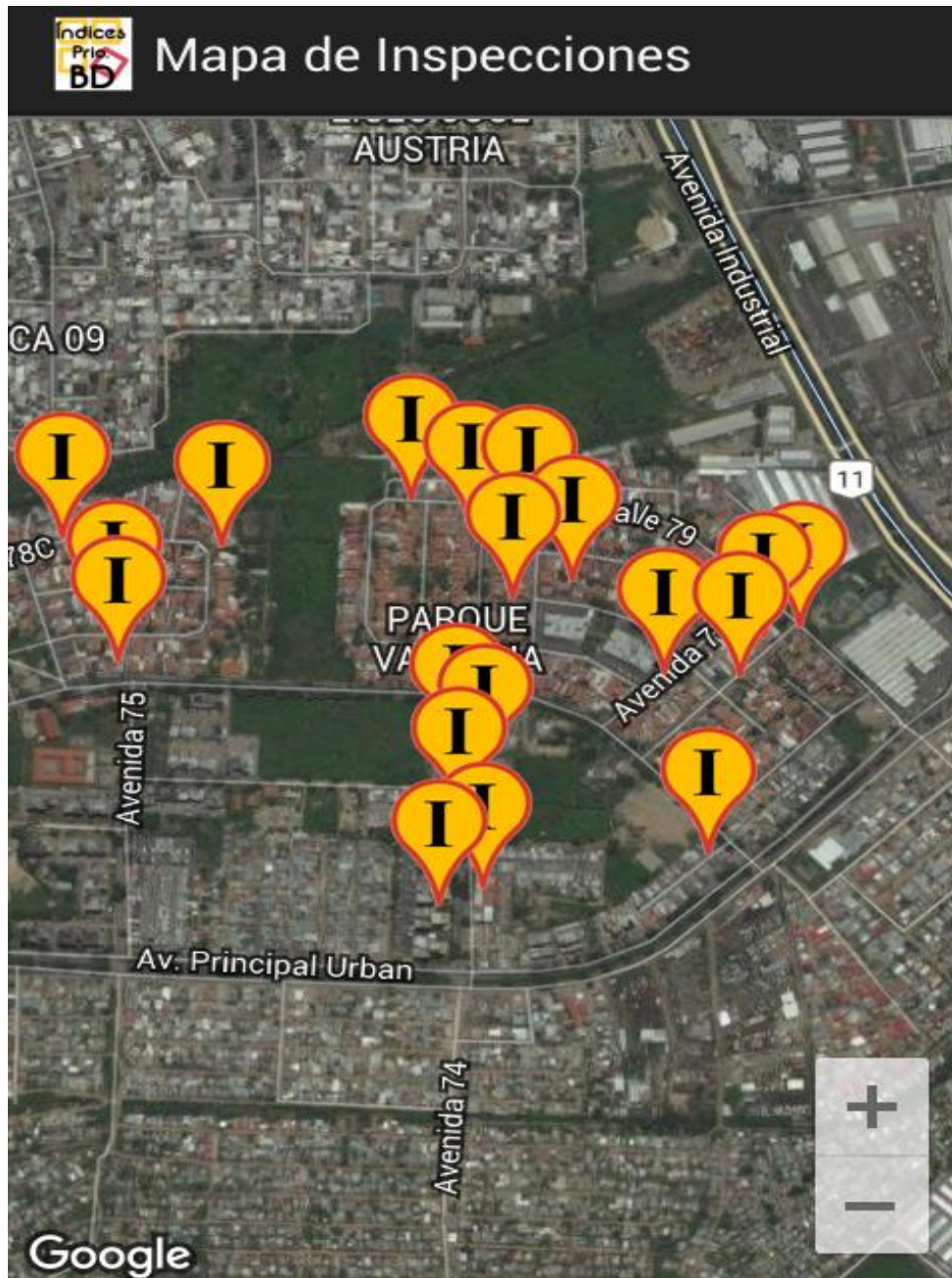


Ilustración 34: Ubicación de inspecciones de la zona de Parque Valencia en el “Mapa de inspecciones” AppBD.

Fuente: AppBD, 2016.