

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE
LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS**

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

Quintero Cardona, Nayriuska Del Carmen

Rojas Sojo, Jonathan Alexander

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, noviembre de 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE
LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS**

Tutor Académico: Prof. Gustavo Coronel D.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:
Quintero Cardona, Nayriuska Del Carmen

Rojas Sojo, Jonathan Alexander

Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, noviembre de 2011

ACTA

El día 09/11/2011 se reunió el jurado formado por los profesores:

CORONEL D. GUSTAVO A.

JOSE VILALBA

SALVADOR SAFINA

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS".

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRES	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Nayriuska Del Carmen Quintero Cardona	20	VEINTE
Br. Jonathan Alexander Rojas Sojo	20	VEINTE

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO

[Firma]
[Firma]
[Firma]

Caracas, 09 de NOVIEMBRE de 2011

DEDICATORIA

A mi madre, *Fidelina Cardona de Quintero*, por darme la vida, su apoyo incondicional y su confianza, pues más que mi madre es mi amiga, quien ha estado conmigo en las buenas y en las malas, entregando parte de su vida para el éxito de la mía. Gracias a ti soy la mujer que soy.

A mi padre, *Juan José Quintero González*, quien desde el cielo me ha cuidado y me ha dado la fuerza que necesité para alcanzar las metas que me he propuesto. Sé lo orgulloso que estarías de mí, por eso a ti en especial te dedico este éxito.

A los pequeños de la casa, mis sobrinos y ahijados, María José, York, Sebastián, Darbin, María Victoria, Naomi, Daniel, Darling, Sara y a Gustavo quien viene en camino y lo espero ansiosamente. Ustedes son el motor que impulsa nuestros sueños, es por ustedes que cada día queremos llegar más lejos, pues somos la base de sus vidas y ustedes la felicidad de la nuestra.

Nayriuska Quintero

No ha concluido con haber dicho: este es el final; volveré a leerlo y quizás no haya contemplado la existencia de una causa. Muchas cosas influyen en cambio, muchos cambios influyen en decisiones.

Jonathan Rojas

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por llenar mi vida de muchos caminos y ser mi guía para escoger el mejor.

A mi madre, por darme el amor, la comprensión y el inquebrantable apoyo que me ha entregado.

A mis hermanos, Juan José, Yolmar y en especial a Ana, quien más que mi hermana es mi amiga y una segunda madre, por su apoyo y perseverancia en el logro de mis metas y sueños. A mis sobrinas Elimar y Eliana por su fraternidad.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, a los profesores, compañeros y demás personal, por permitirme formarme como profesional, contribuir con mi desarrollo personal y por brindarme la mejor experiencia universitaria. Al igual que al Programa Samuel Robinson, por abrirme las puertas para ingresar a esta insigne universidad.

A la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y al Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgo (CIGIR), por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A mi tutor Gustavo Coronel, por el tiempo y la dedicación en este trabajo. A Ricardo P. por su colaboración en el manejo del SIG. Al equipo del servicio comunitario: Andreina F.; Adelimar S.; Carlos M.; Carlos V.; María I. A.; Rafael C.; Rossi P. y Sandra C. Al Sr. Luis Acevedo por su asistencia en la comunidad de la Parroquia Catedral.

A Mervin, por su fidelidad e incondicional apoyo. A mi colega Carlos, por su compañerismo y lealtad. A mis compañeros, Adriana, Rossana, Francys, Jonathan, Ronald y Omar por acompañarme en esta travesía.

A mis amigos Estelimar, Arizaid, Gustavo, Brigitte, Geraldine, Luis y en especial a Jorge por su gran ejemplo de profesionalismo.

Agradecida eternamente.

Nayriuska Quintero.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento institucional.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, lugar donde se han forjados los conocimientos que se plasman en el cuerpo de este trabajo, el más grande de los agradecimientos por la formación dada y las enseñanzas dejadas. A la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) por la contribución de gran parte de las planillas empleadas en el inventario de las edificaciones. Al Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgo (CIGIR) por la subvención otorgada a la realización de esta investigación y no menos importante, al Dpto. Dibujo (Facultad de Ingeniería UCV) y sus miembros por la oportunidad dada en la actividad docente desempeñada.

Agradecimiento familiar

A mis hermanos, por su apoyo y su querer y a mi madre, luchadora incansable que me ha dado todo para poder estar escribiendo estas líneas.

Agradecimiento profesional.

Al profesor Gustavo Coronel, por la tutoría y dedicación dada a la realización de este trabajo, a Ricardo P. por el apoyo en el manejo del SIG, al equipo de servicio comunitario: Rafael C; Rossi P; Carlos V; María J. G; Carlos M; María I. A; Andreina F; Adelmair S y Sandra C. Al Sr. Luis Acevedo por la atención y apoyo en la comunidad de la Parroquia Catedral.

Agradecimiento fraternal

A mis preciados amigos de carrera, Ronald Y; Omar M; Nayriuska Q; Francly M; Adriana H; Rossana S; por su compañía en el logro de importantes retos y A mis compañeros y amigos Rocío D; Nelson C; Lady J; Vanessa R; Javier S; John E; Freddy S; por su apoyo y colaboración en muchos momentos.

Enormemente agradecido,

Jonathan Rojas.

**Quintero C, Nayriuska Del C.
Rojas S, Jonathan A.**

**NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE
LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS**

Tutor: Prof. Gustavo Coronel D.

**Trabajo Especial de Grado. Ciudad Universitaria de Caracas U.C.V, Facultad de
Ingeniería.**

Escuela de Ingeniería Civil. 2011, n° pág. 228

Palabras claves: vulnerabilidad, riesgo sísmico, escenarios de riesgo sísmico, índices de priorización.

Resumen.

Los avances presentados hoy día por la Ingeniería Estructural y Sismorresistente en el estudio del comportamiento de las edificaciones ante un evento sísmico, la interacción suelo-estructura y la incorporación de nuevos criterios sismorresistente en el diseño de estos, han representado para muchas instituciones a nivel mundial el punto de partida para la evaluación de vulnerabilidad y riesgo sísmico a gran escala, pudiéndose determinar los niveles de daños y pérdidas asociadas a la ocurrencia de un sismo en un gran número de edificaciones.

A través de este Trabajo Especial de Grado se ha logrado evaluar los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico presente en 166 edificaciones estudiadas en la Parroquia Catedral de Caracas a través del empleo de los métodos propuestos por FUNVISIS, el Método Italiano (Benedetti y Petrini) y el Método FEMA 2002 (Planilla FEMA-154), estos resultados se han podido incorporar en un Sistema de Información Geográfica permitiendo la elaboración de mapas temáticos, al igual que la generación de resultados estadísticos y representaciones planimetrías en tres escenarios de amenaza sísmica asociados a un terremoto similar al ocurrido en Caracas en 1967, el sismo de diseño establecido por la norma COVENIN 1756-2001 y un sismo de dimensiones extraordinarias con periodo medio de retorno de 975 años aproximadamente.

En la zona evaluada se ha reportado para un sismo como el ocurrido en Caracas en el año de 1967, más de 60% de las edificaciones bajo riesgo moderado, mientras que para el

escenario asociado a un sismo de diseño el riesgo aumenta drásticamente presentándose un riesgo muy alto en más del 50% de los edificios evaluados, estos niveles de riesgo para un sismo de dimensiones extraordinarias reporta valores considerablemente alarmantes, para este escenario más del 90% del total de edificios evaluados se califican con un riesgo sísmico muy alto.

El estudio también incorpora una evaluación de priorización calificando a las edificaciones evaluadas en un rango de atención que debieran recibir las mismas ante las posibles deficiencias sismorresistente que pudiesen presentar. Por último y no menos importante, la investigación ha logrado incorporar estadísticas referentes a la cantidad probable de personas presente en la zona estudiada al momento de la ocurrencia de un sismo, igualmente al estado de preparación de los ocupantes con lo cual se proponen lineamientos para un plan local de gestión del riesgo sísmico.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo general:	6
1.2.2. Objetivos específicos:.....	6
1.3 Aportes.	7
1.4 Alcance y Limitaciones.....	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. Escenarios de eventos sísmicos ocurridos en Venezuela.	9
2.2. Evolución de las Normas de construcción en Venezuela.....	13
2.3. Bases legales.	23
2.4. Bases teóricas.	24
2.4.1. Sismos.....	25
2.4.2. Amenaza Sísmica.	26
2.4.2.1. Sismicidad.	26
2.4.2.2. Sismicidad en Caracas.....	27
2.4.3. Evaluación de la Sismicidad.....	29
2.4.4. Vulnerabilidad sísmica.	29
2.4.4.1. Daño en las Edificaciones.....	30
2.4.4.1.1. Daño estructural.	30
2.4.4.1.2. Daño no estructural.	31
2.4.4.1.3. Daño económico.....	31
2.4.5. Riesgo sísmico.....	32
2.4.6. Mitigación del Riesgo Sísmico.....	32
2.5. Bases metodológicas.	33

2.5.1. Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas. (JICA, 2004).....	33
2.5.2. Programa de Estimación de Pérdidas y Multi-Riesgos – Metodología HAZUS (FEMA-NIBS, 2009).....	34
2.5.3. Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas. (FUNVISIS, 2009).....	35
2.5.4. Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones en el Municipio Chacao, Área Metropolitana de Caracas (Safina et al, 2009).	36
2.5.5. Evaluación de Niveles de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela mediante Curvas de Fragilidad. (Coronel D., G., López, O. A., & Betancourt, N., 2010).....	37
2.5.6. Confiabilidad sísmica-estructural de edificaciones existentes de caracas (Hernández, 2009).	38
2.5.7. Sistema de Información Geográfico (SIG).....	38
2.5.7.1. Información Georreferenciada.	39
2.5.7.2. Atributos descriptivos.	39
2.5.7.3. Equipo informático.	39
2.5.7.4. Software.	39
2.5.8. Método de FUNVISIS (FUNVISIS, 2011).	40
2.5.9. Método italiano.....	41
2.5.10. Evaluación visual rápida de edificios en posible riesgo sísmico (FEMA, 1988- 2002).....	43
2.6.1. Reseña histórica.	44
2.6.2. Ubicación.....	44
2.6.3. Edificaciones existentes.....	45
CAPITULO III	46
MARCO METODOLÓGICO.....	46
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN APLICADO. TIPO DE ESTUDIO.....	46
3.1.1. Estudio descriptivo.	46
3.1.2. Estudio Comparativo.	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	49
3.3.1. Implementación de planillas de inventarios de edificios.....	49

3.3.2. Proceso de recolección de información.	49
3.4. BASE DE DATOS E INVENTARIO DE EDIFICACIONES.	51
3.4.1. Campos evaluados.	51
3.4.2. Organización y clasificación de la información.	52
3.4.3. Análisis de la información recopilada.	52
3.4.3.1. Totalización de datos.	52
3.4.3.2. Análisis y observaciones.	52
3.5. INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN RECOPIADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).	53
3.6. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.	54
3.6.1. Estimación de los Índices de Amenaza Sísmica.	54
3.6.2. Estimación de los Índices de Vulnerabilidad.	54
3.6.2.1. Estimación de Vulnerabilidad Mediante el Método de FUNVISIS (2011). ...	55
3.6.2.2. Estimación de Priorización presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).	60
3.6.2.3. Estimación de Vulnerabilidad Mediante el Método Italiano.	62
3.6.2.3.1. Descripción de los parámetros en la evaluación del I_v para el método Italiano.	65
3.6.2.4. Estimación de Vulnerabilidad Mediante el Método FEMA (2002).	76
3.6.2.4.1. Descripción de los parámetros en la evaluación del I_v para el Método FEMA (2002).	78
3.6.3. Estimación de los Índices de Riesgo Sísmico.	80
3.6.4. Representación de Escenarios de Riesgo Sísmico.	80
CAPITULO IV	81
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES	81
4.1. Distribución numérica, porcentual y espacial de los datos más relevantes levantados con la Planilla de Inspección de Edificios y el Complemento.	81
4.1.1. Distribución de los edificios por sistema estructural.	81
4.1.2. Distribución de los edificios según su configuración en planta.	85
4.1.3. Distribución de los edificios según elevación.	88

4.1.4. Distribución de los edificios según período de construcción.	91
4.1.3. Distribución de los edificios de acuerdo al número de pisos (placas por encima del suelo).	97
4.1.4. Distribución de los edificios en base a los elementos no estructurales.	101
4.1.4.1. Tipo de entrepiso.	101
4.1.4.2. Concentración de cargas.	103
4.1.4.3. Recubrimiento predominante en fachada.....	106
4.1.4.4. Elementos adosados en fachada.....	108
4.1.5. Irregularidades.	110
4.1.6. Grado de deterioro.	112
4.1.7. Adosamiento.....	117
4.1.8. Uso de la edificación.	119
4.1.9. Capacidad de ocupación.	124
4.1.10. Turno de mayor ocupación.	127
CAPÍTULO V	130
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS	130
5.1. ESCENARIOS DE AMENAZA SÍSMICA.....	130
5.2. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO.	135
5.2.1. Evaluación de Vulnerabilidad mediante el método FUNVISIS (2011).	135
5.2.1.1. Ejemplo de la determinación del IV en un edificio mediante el método FUNVISIS.	137
5.2.1.2. Evaluación de edificio colapsado en sismo de 1967 en la ciudad de Caracas con el Método FUNVISIS.	138
5.2.1.3. Evaluación de vulnerabilidad sísmica presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).	139
5.2.2. Evaluación de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).	143
5.2.2.1. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método FUNVISIS (2011).	144
5.2.2.1.1. Escenario de Riesgo Sísmico para IA1 (Sismo de 1967).....	144

5.2.2.1.2. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A2} (Sismo de Diseño).	146
5.2.2.1.3. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A3} (Sismo Extraordinario).	148
5.2.3. Evaluación de Priorización presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).	151
5.2.4. Evaluación de Índices de Vulnerabilidad mediante el Método Italiano.	155
5.2.4.3. Evaluación de vulnerabilidad sísmica presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método Italiano.	157
5.2.5. Evaluación de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método Italiano.	160
5.2.5. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método Italiano.	161
5.2.5.1. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A1} (Sismo de 1967).	162
5.2.5.2. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A2} (Sismo de Diseño).	164
5.2.5.3. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A3} (Sismo Extraordinario).	166
5.2.6. Evaluación de Índices de Vulnerabilidad mediante el Método FEMA (2002). .	168
5.2.7. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método FEMA (2002).	171
5.2.7.1. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método FEMA.	172
5.2.7.1.1 Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A1} (Sismo de 1967).	172
5.2.7.1.2. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A2} (Sismo de Diseño).	174
5.2.7.1.3. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A3} (Sismo Extraordinario).	176
5.3. ASPECTOS COMPARATIVOS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO.	179
5.3.1. Aspectos sobre los métodos empleados en el estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico.	185
5.4. LINEAMIENTOS PARA UN PLAN DE GESTIÓN LOCAL DE RIESGO SÍSMICO.	186
5.4.1. Conocimientos previos de los ocupantes de las edificaciones.	187
CONCLUSIONES	197
RECOMENDACIONES	200

REFERENCIAS	202
ANEXOS	205
ANEXO A.....	206
PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES Y EL COMPLEMENTO.....	206
ANEXO B.....	210
Ubicación planimétrica de los edificios	210
ANEXO C.....	221
BASE DE DATOS	221
ANEXO D.....	223
ÍNDICES DE VULNERABILIDAD, RIESGO SÍSMICO Y PRIORIZACIÓN	223
ANEXO E.....	224
SERVICIOS PRESENTES EN LAS EDIFICACIONES	224
ANEXO F	227
MEMORIA FOTOGRÁFICA	227

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Índices de vulnerabilidad (I_i) y pesos relativos (α_i).....	55
Tabla 3.2: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado a la antigüedad I_1	56
Tabla 3.3: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado al Tipo Estructural I_2	57
Tabla 3.4: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado a Irregularidades I_{3j}	58
Tabla 3.5: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado al grado de Deterioro. I_6	59
Tabla 3.6: Clasificación según el uso de la edificación.....	61
Tabla 3.7: Valores del Índice de importancia I_I	61
Tabla 3.8: Valores correspondientes a los parámetros para la determinación del I_V por el método Italiano para construcciones de mampostería no reforzada.....	63
Tabla 3.9: Valores correspondientes a los parámetros para la determinación del I_V por el método Italiano para construcciones de concreto armado.....	64
Tabla 3.10: Resumen de características evaluadas en edificios de Mampostería no Reforzada para el Método Italiano.....	72
Tabla 3.11: Resumen de características evaluadas en edificios de Concreto Armado para el Método Italiano.....	74
Tabla 3.12: Puntajes base de confiabilidad Método FEMA.....	76
Tabla 3.13: Puntajes modificados para la determinación de I_C	78
Tabla 4.1 Distribución numérica de las edificaciones por sistema estructural.....	82
Tabla 4.2 Distribución numérica de las edificaciones según su configuración en planta.....	85
Tabla 4.3 Distribución numérica de las edificaciones según su configuración en elevación... ..	88
Tabla 4.4 Distribución numérica de las edificaciones por período de construcción.....	92
Tabla 4.5 Distribución numérica de las edificaciones construidas antes y después de 1967... ..	95
Tabla 4.6 Distribución numérica de las edificaciones en base al número de pisos (Placas por encima del suelo).....	98
Tabla 4.7 Distribución numérica de las edificaciones en base al tipo de entrepiso presente.....	102
Tabla 4.8 Distribución numérica de las edificaciones según la concentración de carga que presente.....	104
Tabla 4.9 Distribución numérica de las edificaciones en base al recubrimiento predominante en fachada.....	106

Tabla 4.10 Distribución numérica de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada.....	108
Tabla 4.11 Distribución numérica de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada.....	111
Tabla 4.12 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al grado de deterioro de los elementos estructurales y no estructurales.....	113
Tabla 4.13 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.	114
Tabla 4.14 Distribución numérica de las edificaciones según el tipo de adosamiento de los edificios.	117
Tabla 4.15 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al uso.	120
Tabla 4.16 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan.	124
Tabla 4.17 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación....	127
Tabla 5.1. Valores de A_0 Norma COVENIN 1756-2001.....	130
Tabla 5.2: Espesor de depósitos y velocidad de ondas presente en la zona de estudio.....	131
Tabla 5.3: Valores de I_A para terreno sin efectos topográfico en la Ciudad de Caracas.	133
Tabla 5.4: Valores de I_A asociados a las Macrozonas.	134
Tabla 5.5: Valores de Índices de Amenaza evaluado en cada escenario.....	134
Tabla 5.6: Valor más desfavorables para I_V . Método FUNVISIS.....	136
Tabla 5.7: Valor más favorables para I_V . Método FUNVISIS	137
Tabla 5.8: Determinación de I_V para el Edif. Las Gradillas “B”. Método FUNVISIS.	138
Tabla 5.9: Índice de vulnerabilidad para el Edificio Majagual.	139
Tabla 5.10: Calificación más desfavorable obtenidas para el Método Italiano.....	156
Tabla 5.11: Calificación más favorable obtenidas para el Método Italiano.	157
Tabla 5.12: Matriz de distribución de riesgo sísmico (MDNRS).....	183
Tabla 5.13: Matriz de distribución de niveles de riesgo sísmico (MDNRS).....	184
Tabla 5.13 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo al Conocimiento Previo de los Ocupantes.....	187
Tabla 5.14 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo a los Ocupantes Operativos.....	189

Tabla C.1: Base de Datos de los Edificios de la Parroquia Catedral. (Muestra)	221
Tabla D.1: Índices de Vulnerabilidad, Riesgo y Priorización (Muestra).	223
Tabla E.1 distribución numérica de las edificaciones en base a los servicios que presentan. 224	
Tabla E.2 Distribución numérica de las edificaciones según el suministro de agua potable. 225	
Tabla E.3 Distribución numérica de las edificaciones según el suministro de gas.	225

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma MOP 1947.....	15
Figura 2.2 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma MOP 1955.....	17
Figura 2.3 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma MOP 1967.....	19
Figura 2.4 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma COVENIN 1982.	20
Figura 2.5 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma COVENIN 2001.	21
Figura 2.6. Mapa de Peligrosidad Sísmica global.	27
Figura 2.7. Micro-Zonas Sísmicas en el Área Metropolitana de Caracas. Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas.	36
Figura 3.1. Ubicación espacial de la zona evaluada.	48
Figura 3.2. Ubicación planimétrica de la zona evaluada.	48
Figura 4.1 Distribución numérica de los edificios por sistema estructural.	82
Figura 4.2 Distribución porcentual de los edificios por sistema estructural.	83
Figura 4.3 Distribución espacial de los edificios por sistema estructural. Fuente: Elaboración propia.....	84
Figura 4.4 Distribución numérica de los edificios según su configuración en planta.	86
Figura 4.5 Distribución porcentual de los edificios según su configuración en planta.	86
Figura 4.6 Distribución espacial de los edificios según su configuración en planta.	87
Figura 4.7 Distribución numérica de los edificios según su configuración en elevación.	89
Figura 4.8 Distribución porcentual de los edificios según su configuración en elevación.	89
Figura 4.9 Distribución espacial de los edificios según su configuración en elevación.	90
Figura 4.10 Distribución numérica de los edificios por período de construcción.....	92
Figura 4.11 Distribución porcentual de los edificios por período de construcción.....	93
Figura 4.12 Distribución espacial de los edificios por período de construcción.....	94
Figura 4.13 Distribución porcentual de los edificios construidos antes y después del año 1967.	95
Figura 4.14 Distribución espacial de los edificios construidos antes y después del año 1967.	96
Figura 4.15 Distribución numérica de los edificios según números de niveles (Placas por encima del suelo).....	98

Figura 4.16 Distribución porcentual de los edificios según números de niveles (Placas por encima del suelo).	99
Figura 4.17 Distribución espacial de los edificios según números de niveles (Placas por encima del suelo).	100
Figura 4.18 Distribución numérica de los edificios en base al tipo de entrepiso presente.	102
Figura 4.19 Distribución porcentual de los edificios en base al tipo de entrepiso presente. ..	103
Figura 4.20 Distribución numérica de los edificios según la concentración de carga que presente.	105
Figura 4.21 Distribución Porcentual de los Edificios según la Concentración de Carga que Presente.....	105
Figura 4.22 Distribución numérica de las edificaciones en base al recubrimiento predominante en fachada.	107
Figura 4.23 Distribución porcentual de las edificaciones en base al recubrimiento predominante en fachada.	107
Figura 4.24 Distribución numérica de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada.....	109
Figura 4.25 Distribución porcentual de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada.....	109
Figura 4.26 Distribución numérica de las edificaciones en base a las irregularidades presentes.	111
Figura 4.27 Distribución porcentual de las edificaciones en base a la presencia de irregularidades.	112
Figura 4.28 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al grado de deterioro de los elementos estructurales y no estructurales.....	113
Figura 4.29 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.	115
Figura 4.30 Distribución Porcentual de las Edificaciones de acuerdo al Estado General de Mantenimiento del Edificio.....	115
Figura 4.31 Distribución espacial de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.	116

Figura 4.32 Distribución numérica de las edificaciones según el tipo de adosamiento de los edificios.	118
Figura 4.33 Distribución porcentual de las edificaciones según el tipo de adosamiento de los edificios.	118
Figura 4.34 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al uso.....	121
Figura 4.35 Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo al uso.....	122
Figura 4.36 Distribución espacial de las edificaciones de acuerdo al uso.....	123
Figura 4.37 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan.	125
Figura 4.38 Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan.	125
Figura 4.39 Distribución espacial de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan.	126
Figura 4.40 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación..	127
Figura 4.41 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación..	128
Figura 4.42 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación..	129
Figura 5.1: Microzonas del Área Metropolitana de Caracas. (FUNVISIS, 2009)	131
Figura 5.2: Macrozonas del Área Metropolitana de Caracas.	132
Figura 5.3: Distribución numérica de vulnerabilidad. Método FUNVISIS (2011).....	140
Figura 5.4: Distribución porcentual de vulnerabilidad. Método FUNVISIS (2011).....	140
Figura 5.5: Distribución espacial de vulnerabilidad. Método FUNVISIS (20011).....	141
Figura 5.6: Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA1 (Sismo de 1967).	144
Figura 5.7: Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA1 (Sismo de 1967).	144
Figura 5.8: Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS. IA1 (Sismo de 1967).	145
Figura 5.9: Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA2 (Sismo de Diseño).	146
Figura 5.10: Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA2 (Sismo de Diseño).	146

Figura 5.11: Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA ₂ (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.....	147
Figura 5.12: Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS. IA ₃ (Sismo Extraordinario).....	148
Figura 5.13: Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS. IA ₃ (Sismo Extraordinario).....	148
Figura 5.14: Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA ₃ (Sismo Extraordinario).....	149
Figura 5.15: Distribución numérica de Priorización. Método FUNVISIS (2011). IA ₂ (Sismo de Diseño).....	152
Figura 5.16: Distribución porcentual de Priorización. Método FUNVISIS (2011). IA ₂ (Sismo de Diseño).....	152
Figura 5.17: Distribución espacial de Priorización. Método FUNVISIS (2011). IA ₂ (Sismo de Diseño).	153
Figura 5.18: Distribución numérica de vulnerabilidad. Método Italiano.	158
Figura 5.19: Distribución porcentual de vulnerabilidad. Método Italiano.	158
Figura 5.20: Distribución espacial de vulnerabilidad. Método Italiano.	159
Figura 5.21. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA ₁ (Sismo de 1967).	162
Figura 5.22. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA ₁ (Sismo de 1967).....	162
Figura 5.23. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA ₁ (Sismo de 1967).	163
Figura 5.24. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA ₂ (Sismo de Diseño).	164
Figura 5.25. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA ₂ (Sismo de Diseño).	164
Figura 5.26. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA ₂ (Sismo de Diseño).	165
Figura 5.27. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA ₃ (Sismo Extraordinario).....	166

Figura 5.28. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA3 (Sismo Extraordinario).....	166
Figura 5.30: Distribución numérica de vulnerabilidad. Método FEMA (2002).....	168
Figura 5.31: Distribución porcentual de vulnerabilidad. Método FEMA (2002).....	169
Figura 5.32. Distribución espacial de vulnerabilidad Método FEMA (2002).....	170
Figura 5.33. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA1 (Sismo de 1967).....	172
Figura 5.34. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA1 (Sismo de 1967).....	172
Figura 5.35. Gráfico de distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FEMA (200). IA1 (Sismo de 1967).....	173
Figura 5.36. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA2 (Sismo de Diseño).	174
Figura 5.37. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA2 (Sismo de Diseño).	174
Figura 5.38. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FEMA (200). IA2 (Sismo de Diseño).	175
Figura 5.39. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA3 (Sismo Extraordinario).....	176
Figura 5.40. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA3 (Sismo Extraordinario).....	176
Figura 5.41. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA3 (Sismo Extraordinario).....	177
Figura 5.42: Distribución de vulnerabilidad para los tres métodos evaluados.	180
Figura 5.43: Distribución comparativa de Riesgo Sísmico (Escenario similar al sismo de 1967).....	181
Figura 5.44: Distribución comparativa de riesgo sísmico (Sismo de Diseño).	182
Figura 5.45: Distribución comparativa de riesgo sísmico (Sismo Extraordinario).	182
Figura 5.46 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo al Conocimiento Previo de los Ocupantes.....	188

Figura 5.47 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo a los Ocupantes Operativos.....	189
Figura 5.48 Proceso de decisión del manejo del riesgo sísmico.	191
Figura: B.1. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-04.	210
Figura: B.2. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-05.	211
Figura: B.3. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-06.	212
Figura: B.4. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-12.	213
Figura: B.5. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-13.	214
Figura: B.6. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-15.	215
Figura: B.7. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-23.	216
Figura: B.8. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-24.	217
Figura: B.9. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-31.	218
Figura: B.10. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-32.	219
Figura: B.11. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-33.	220
Figura E.1 Distribución numérica de las edificaciones en base a los servicios que presentan.	224
Figura E.2 Distribución porcentual de las edificaciones según el suministro de agua potable..	225
Figura E.3 Distribución porcentual de las edificaciones según el suministro de gas.	226
Figura F.1: Ficha fotográfica Edif. Víctor Mendoza. (Muestra).	227
Figura F.2: Ficha fotográfica Edif. Banco de Venezuela. (Muestra).	228
Figura F.3: Ficha fotográfica de la Casa Natal del Libertador. (Muestra).	228

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han generados avances importantes y significativos en la aplicación de metodologías para la evaluación de niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico en entornos urbanos, masificando de esta manera la aplicación de estos estudios en grandes ciudades y determinando consecuencias probables ante la ocurrencia de un sismo.

A través de este trabajo se presenta el estudio efectuado a 166 edificaciones de la Parroquia Catedral del Municipio Bolivariano Libertador de Caracas, en las mismas se ha logrado establecer los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico a través del empleo de tres metodologías con origen en diferentes regiones del planeta y en su mayoría con gran aplicación en varios centros poblados tanto en Europa, Estados Unidos de Norteamérica y algunos países latinoamericanos.

El trabajo se encuentra comprendido por cinco capítulos, en los cuales se describe los aspectos introductorios en la evaluación del problema, la presentación de las bases teóricas, la metodología empleada y los resultados obtenidos. De esta manera, el contenido de esta investigación se presenta de la siguiente manera:

El capítulo I presenta el planteamiento de la problemática atendida en la investigación, al igual que los objetivos a tener en cuenta. Del mismo modo se presenta la importancia, alcances y limitaciones presentadas en la consecución de los objetivos.

El capítulo II atiende los aspectos teóricos y referenciales que enmarcan el contenido de la investigación. Dentro del mismo se desarrollan varios escenarios de sismos ocurridos en Venezuela, una síntesis de la evolución de las normativas en el país, terminologías asociadas al riesgo sísmico y la presentación de los métodos empleados.

En el capítulo III se presentan los aspectos metodológicos llevados a cabo para la consecución y logro de los objetivos planteados en el capítulo I. en este capítulo se mencionan las herramientas empleadas en la obtención y representación de los resultados al igual que una descripción de los métodos empleados en la evaluación de vulnerabilidad y riesgo sísmico.

En el capítulo IV se presentan los resultados estadísticos asociados a características específicas inventariadas a través de las inspecciones en sitio. Estas estadísticas se muestran en conjunto con mapas temáticos elaborados mediante el empleo de un Sistema de Información Geográfica. Los resultados corresponden a la distribución de años de construcción de las edificaciones evaluadas, número de niveles, tipología estructural, configuración en planta y elevación, las irregularidades identificadas y el tipo de uso actual de las edificaciones.

En el quinto capítulo tratado en este Trabajo Especial de Grado se estima en líneas generales los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico estimados para las edificaciones de la Parroquia Catedral a través de la determinación de los niveles de vulnerabilidad sísmica y los diferentes Índices de Amenaza involucrados para un sismo similar al ocurrido en la Ciudad de Caracas para el año de 1967, de igual manera para un sismo de diseño y por último para la ocurrencia de un sismo de dimensiones extraordinarias. Los resultados presentados en este capítulo se muestran con gráficos y mapas de distribución numérica, porcentual y espacial de vulnerabilidad, riesgo sísmico y priorización, empleando una representación planimétrica de riesgo sísmico con la ayuda del Sistema de Información Geográfica, igualmente se efectúa un estudio de priorización de edificaciones y la incorporación de un análisis a través de una matriz de niveles de riesgo. Por último en este capítulo se muestran los lineamientos para un plan local de riesgo sísmico.

EL PROBLEMA.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente los grandes asentamientos urbanos, en los cuales se concentra una buena parte de la población mundial, se ubican en zonas que representan cierta comodidad para el desarrollo económico de un país sin considerar la injerencia que pudiese tener los eventos naturales en dichas zonas. De tal manera que no se hablara de catástrofes o desastres ocasionados por eventos naturales si no hubiese zonas altamente vulnerables y amenazas latentes que generen afectación tanto de forma directa como indirecta a la vida humana y animal o espacio físico del cual estos dependan.

Para el año 2009, de acuerdo al Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED, 2009) se registraron 335 eventos naturales en todo el mundo, generando la muerte de 10.655 personas y afectando a otras 119 Millones. En la misma revisión estadística se evidencia que Asia experimentó el mayor número de eventos naturales con 40,3% del total registrado, siendo en China donde se registró el mayor número de afectados, mientras que en Europa la tormenta “Klaus” causó los daños económicos más importantes del año (5,1 mil millones de dólares US). Sin embargo el mayor número de muertes registradas en 2009 fue por el terremoto en Sumatra, Indonesia, el 30 de septiembre, el cual dejó 1.117 personas muertas y más de 2,5 millones de personas afectadas.

La situación no mejoró para el año 2010, en este periodo se registraron 385 eventos naturales, los cuales causaron la muerte de 297.000 personas en todo el mundo, afectando a otras 217 millones y causando pérdidas económicas por US\$ 123,9 billones. Una vez más los terremotos han producido el mayor número de decesos; tan solo en Haití, con un sismo de magnitud 7,0 Mw se produjo la muerte de 222.570 personas, no ha sido el sismo de mayor

EL PROBLEMA.

intensidad reportado en todo el mundo, sin embargo, ha producido el mayor número de decesos en las últimas décadas ante cualquier evento natural reportado (CRED, 2010 y 2009).

De tal manera, los terremotos han provocado en la última década el 60 % de las muertes causadas por eventos naturales. De los eventos naturales ocurridos a nivel mundial los terremotos suponen el 9 %, estos no han aumentado en frecuencia ni en cantidad de energía liberada. Lo que ha aumentado significativamente es la vulnerabilidad social y territorial bajo la cual siguen teniendo auge los asentamientos urbanos motivado a la alta densidad poblacional en zonas de alto riesgo sísmico. Afirma un informe monográfico de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC, 2010)

En Venezuela se han reportado cerca de 130 eventos sísmicos durante el periodo 1540-2004, los cuales han originado algún tipo de daño en varias poblaciones del país. Dentro de estos eventos se recuerda por su gran impacto los sismos de 1812, 1900, 1967 y 1997 los cuales generaron cuantiosas pérdidas materiales e importantes pérdidas humanas (FUNVISIS, 2005)

La ocurrencia y predicción de los terremotos aún sigue siendo una asignatura pendiente pese a los grandes aportes que se han originado producto de la sismología y la geociencia. En las áreas urbanas actuales diversas estructuras concentran la mayoría de los riesgos en caso de un sismo, la mayoría de las pérdidas, tanto de vidas humanas como económicas, sociales y culturales, son causadas por un comportamiento deficiente de las edificaciones ante eventos sísmicos, las cuales no se encuentran adecuadas a las normativas actuales que garanticen un diseño sismorresistente ajustado a los nuevos conocimientos. Así como la población y las edificaciones son elementos en riesgo, los asentamientos urbanos ausentes de un control efectivo y eficiente representan un riesgo importante a la integridad de la mayoría de las ciudades.

Caracas no escapa de ser una ciudad bajo riesgo, localizada en una zona sísmica que ha presentado un auge abrupto de los asentamientos urbanos productos de las importantes migraciones, lo cual la ha convertido en una de las ciudades de mayor densidad poblacional del país hoy día. Históricamente ha sido castigada por varios eventos sísmicos que han

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS.

EL PROBLEMA.

provocado cuantiosos daños y el colapso de varias edificaciones incluso la pérdida de centenares de vidas humanas.

En esta grandiosa Ciudad se ubican zonas de gran importancia Nacional, al igual que obras de infraestructura comercial, residencial y político-administrativas que por su antigüedad no cuentan con un diseño estructural ajustado a las exigencias de la actual norma sismorresistente. Un ejemplo claro lo constituye la Parroquia Catedral, una de las primeras parroquias fundadas en la Capital del país, donde se concentran grandes obras de interés histórico invaluable, edificaciones de gran altura residenciales o de oficinas y sedes de diferente poderes políticos, las cuales ya presentan varias décadas de haber sido construidas.

La ausencia de un estudio de patología estructural y sismorresistente que evidencie el grado de vulnerabilidad en el cual se encuentren tales estructuras y la carencia de un plan de prevención y mitigación de riesgo en la Parroquia por parte de las comunidades y autoridades competentes, aflora un entorno sensible al existente riesgo sísmico. Por ende el presente trabajo responde a la siguiente interrogante: ¿En qué nivel de vulnerabilidad y riesgo se encuentran los edificios de la Parroquia Catedral de la ciudad de Caracas en función de sus características estructurales, geográficas y urbanas, ante la amenaza sísmica?

EL PROBLEMA.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general:

Evaluar los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico presentes en las edificaciones de la Parroquia Catedral, Municipio Bolivariano Libertador de Caracas.

1.2.2. Objetivos específicos:

1. Crear la base de datos de una muestra de edificaciones de la Parroquia Catedral en función de sus características estructurales y sismorresistentes mediante el empleo de un SIG.
2. Estimar los niveles de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones mediante las metodologías simplificadas propuestas por FUNVISIS, FEMA y el método Italiano.
3. Contrastar los resultados de vulnerabilidad obtenidos a través de las tres metodologías.
4. Definir escenarios de amenazas sísmicas para la zona en estudio mediante el empleo de los resultados del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas.
5. Determinar los niveles de riesgo sísmico de las edificaciones del sector para cada escenario.
6. Generar lineamientos para un plan de gestión local de riesgo sísmico.

EL PROBLEMA.

1.3 APORTES.

La enseñanza dejada por sismos pasados ha mostrado significativos avances en los estudios de sismología e ingeniería sismorresistente, además de las normas que exigen estructuras capaces de resistir terremotos, sin embargo el grado de incertidumbre en la ocurrencia de un sismo y las cuantiosas pérdidas que pudiese generar, siguen estableciendo un trecho que no logra controlar en buena medida las variables involucradas en la determinación del riesgo.

Mediante el estudio presentado a través de este Trabajo Especial de Grado, se evalúa los niveles de vulnerabilidad a los cuales se encuentran las edificaciones de la Parroquia Catedral de Caracas antes una inminente amenaza sísmica y en función de esto establecer lineamientos para un plan de gestión local de riesgo que pudiese preparar a los miembros de las comunidades ante la ocurrencia de un sismo y de igual manera contribuir a un plan de mitigación de riesgo que consolide en las instituciones encargadas en estudios de riesgo.

De igual manera esta investigación, contribuye en la incorporación de información obtenida mediante un inventario realizado a las edificaciones de la Parroquia Catedral a un Sistema de información Geográfica, permitiendo de esta manera tener una base de datos de las características de los elementos estudiados en un entorno georreferenciado.

Además, la evaluación de vulnerabilidad sísmica mediante el empleo de tres métodos de diferente procedencia busca consolidar una metodología para la evaluación de priorización de edificaciones bajo riesgo sísmico en el país, al igual que dar partida a nuevas líneas de investigación y propuestas de nuevos estudios en el área.

EL PROBLEMA.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES.

El estudio presentado en esta investigación es en función de la información recopilada de una muestra de 166 edificios ubicados en la Parroquia Catedral de la Ciudad de Caracas, dentro de esta muestra de edificaciones se encuentran construcciones coloniales de gran valor cultural, histórico y por tanto patrimonial, de igual manera la zona evaluada presenta una importancia político administrativa ya que en ella se ubican edificaciones sede del Poder Legislativo y Gobierno del Municipio Bolivariano Libertador de Caracas.

El carácter determinista de esta investigación sobre la evaluación de los 166 edificios, establece una serie de consideraciones y simplificaciones adoptadas en función de la información recopilada de los datos suministrados por los ocupantes y en varios casos de los archivos no actualizados de diferentes instituciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se muestran las definiciones necesarias para la comprensión del presente trabajo, el cual se encuentra enmarcado en el área de la Ingeniería sismorresistente, el estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico. En líneas generales varios comités y trabajos científicos se han encargado de establecer una nomenclatura adecuada dentro del área de la sismología e ingeniería sísmica, que permita aclarar las diferencias existentes. Entre los comités se encuentran el Instituto de investigaciones en Ingeniería sísmica (EERI), la Asociación Europea de Ingeniería Sísmica (EAEE), la Comisión de Seguridad Sísmica de California (CSSC), el servicio Geológico los E.U. (USGS), entre otros.

En Venezuela, el estudio sísmico toma importancia producto del sismo del año 1967 ocurrido en la Ciudad de Caracas, ya que para la fecha del evento, el país no contaba con un organismo técnico para efectuar estudios e investigaciones y así aprovechar la experiencia para avances en la ingeniería, ni con organizaciones especiales de defensa civil capacitados para realizar las tareas de auxilio y socorro. Desde entonces, se han desarrollado diversas investigaciones en algunos sectores del país, las cuales han seguido esta línea de investigación, reforzando cada vez más los conocimientos adquiridos a través de la historia sísmica en el país. También, se crea el primer organismo oficial para el desarrollo de investigaciones en el área de la sismología, el cual se inaugura en 1972 con el nombre de Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

2.1. ESCENARIOS DE EVENTOS SÍSMICOS OCURRIDOS EN VENEZUELA.

Gracias al arduo trabajo realizado por Melchor Centeno Graü, Arquitecto, Ingeniero y Doctor en Ciencias Físicas y Matemáticas, egresado de la UCV, es que en Venezuela se conoce la historia sísmica que la ha caracterizado. A través del trabajo “Estudios Sismológicos”, Centeno Graü publica un “catálogo general de sismos débiles, fuertes, ruinosos y desastrosos habidos en Venezuela en 409 años desde 1530 hasta 1939”.

Conocimiento que se ha transmitido de generación en generación a través de la historia sismológica del país.

A continuación se presentan los eventos sísmicos más importantes ocurridos en el país, en base a los registros publicados por La Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS):

- 01/09/1530: en la población de Cumaná, Estado Sucre, tanto las fortalezas allí construidas como las viviendas hechas de paja y madera, fueron destruidas por el sismo. Además, se registró la muerte de muchas personas ahogadas debido a que el mar se alzó súbitamente, sobrepujando los límites ordinarios aproximadamente de 30 a 40 km., llegando a las serranías cercanas a 3 km de distancia (FUNVISIS, 2002).
- 26/03/1812: con un registro de 5.000 víctimas en el área de Mérida, y otras ciudades como San Felipe con 3.000 muertos y de 4.000 a 5.000 muertos en Barquisimeto, se reportaron solo algunas de las ciudades que se que vieron severamente afectadas. En Caracas se estimó una pérdida de 10.000 personas, siendo los barrios al norte de la ciudad los más afectados, ya que prácticamente fueron destruidos por completo, al sur y al oeste los daños fueron menores. Asimismo, se sintió en otras localidades del país, por lo que se pensó que se produjeron tres focos diferentes, distanciados uno de otro (FUNVISIS, 2002).
- 15/07/1853: se sintió un terremoto en la Ciudad de Cumaná, el cual vino acompañado de un maremoto donde se produjeron olas de cinco (5) a seis (6) metros de altura, además se registraron hundimientos en los arenales de Caigüire y Sabana del Peñón. Por otro lado, cayeron edificaciones importantes como templos, la Aduana, el colegio, la casa de gobierno, el cuartel de infantería y el puente que se hallaba construido “sobre estacadas”. En ésta oportunidad el número de víctimas pudo llegar a 4.000 (FUNVISIS, 2002).
- 12/04/1878: a pesar de que el sismo se sintió en La Guaira, Puerto Cabello, Valencia, Maracay y La Victoria, fue al sur de Caracas en la localidad Cúa donde hubo mayor destrucción, entre 300 y 400 personas perecieron bajo los escombros. Además, las casas en la parte baja de los llanos aluvionales sufrieron relativamente poco a diferencia de la parte alta de

la ciudad que fue devastada. En Caracas se agrietaron edificios. En Charallave ocasionó daños y también en otras partes de los Valles del Tuy (FUNVISIS, 2002).

- 28/04/1894: en buena parte de los andes venezolanos, el total de víctimas fue de 319 y numerosos heridos. La onda sísmica abarcó parte del centro del occidente, centro y región capital del país. Hubo grandes deslizamientos y las aguas de ríos y torrentes corrieron por más de un mes revueltas con barro y vegetales. Las pérdidas fueron inmensas (FUNVISIS, 2002).

- 03/08/1950: este sismo fue asociado a la falla de Boconó, las partes más afectadas fueron El Tocuyo y numerosas localidades del estado Lara, resultando varios muertos y 70 heridos, además de 250 casas destruidas y 700 dañadas. También se registró daño en el pueblo de Guaitó, donde hubo un muerto y 17 heridos. Se sintió en el norte del occidente. Hubo deslizamientos en el valle del río Tocuyo y varias vías de comunicación quedaron tapiadas por deslizamientos de tierra (FUNVISIS, 2002).

- 29/07/1967: considerado un sismo múltiple, asociado al sistema de falla de San Sebastián, es hoy en día uno de los sismos transcendentales en la historia de la ingeniería estructural venezolana, debido al colapso de 4 edificios con 10-12 niveles, construidos entre 1962-1966, así como la ruina parcial de otros edificios de altura semejante, lo cual constituyeron evidencias y experiencias singulares en la ingeniería sismorresistente, las cuales se han ido incorporando en las normativas de diseño sismorresistente de todo el mundo . Se estimó que los daños más importantes fueron en Caraballeda, Caracas y el Litoral Central, también se sintió en la parte norte central del país, y se registraron efectos locales al sur del Lago de Valencia (Güigüe) y deslizamientos en la Cordillera de la Costa. Según datos proporcionados por instituciones del país hubo 274 muertos, 2000 heridos y las pérdidas alcanzaron los 100 millones de dólares (FUNVISIS, 2002).

- 09/07/1997: las mayores destrucciones fueron en los estados Sucre, Anzoátegui y Monagas, así como en las islas de Trinidad y Tobago. Sobrevolando la zona se pudo reconocer la existencia de deformación superficial directamente producida por la falla de El Pilar, entre Cariaco y Casanay. El resto de la ruptura superficial entre Cariaco y Muelle de Cariaco,

totalizó una longitud mínima de ruptura sísmica de unos 30 km entre Muelle de Cariaco al oeste y el caserío Las Varas al suroeste de Casanay. Los investigadores consideraron que la longitud total de la ruptura fue superior a los 30 km evaluados y más bien cercana a los 50 km de longitud, tal y como lo evidenció el estudio sismológico realizado. El desplazamiento durante el sismo manifiesto en calles, brocales, aceras, paredes de casas, tuberías afectadas, canales de riego, entre otros, se constató en el Muelle de Cariaco, Terranova, canal de riego de Cariaco, en Las Manos, Carrizal de la Cruz, balneario La Piragua, al noroeste de Pantoño, carretera Cariaco - Aguas Calientes -Casanay - Carúpano, carretera asfaltada Casanay - Las Varas. En Cumaná, fueron afectados varios edificios en construcción; en Cariaco, gran cantidad de viviendas colapsadas así como la Escuela Valentín Valiente y el Liceo Raimundo Martínez Centeno, causando la muerte de 22 niños y una maestra, mientras que un porcentaje importante presentó daños severos, incapaces de resistir un movimiento de baja o mediana intensidad; en el Muelle de Cariaco, daños graves en viviendas, recomendándose la demolición de algunas de ellas; en San Antonio del Golfo, daños considerables en viviendas, fue afectada la vialidad por separación de brocales y bloques prefabricados de concreto, hubo deformaciones y rupturas parciales de los elementos mismos de la vialidad; Otros efectos: licuación de suelos, deslizamientos y derrumbes (FUNVISIS, 2002).

- 12/09/2009: aproximadamente a las 15:36:26 (HLV), ocurre un temblor con epicentro a 28 km del noreste de la ciudad de Morón y a 15,9 km de profundidad en el estado Carabobo con duración de 20 a 30 s de magnitud MW = 6,4. El temblor afecta diferentes ciudades del centro-occidente del país, Puerto Cabello, Valencia, Maracay, Caracas, Barquisimeto, San Felipe, Maracaibo, Coro, Estado Vargas y Punto Fijo, reportándose 16 heridos y varios daños materiales en las poblaciones costeras de Tucacas y Chichiriviche, entre ellos algunas instalaciones hoteleras. Se reportaron elevaciones de mareas en el Parque Nacional Morrocoy generando pánico entre los bañistas de algunos cayos que tuvieron que ser desalojados a través de embarcaciones de la Armada Nacional. Algunos muelles rudimentarios existentes en las pequeñas islas se soltaron de sus amarres mientras otros fueron tapados por el agua. Se considera como el movimiento telúrico más fuerte del 2009 y el evento sísmico más importante desde el terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997 (FUNVISIS, 2009a).

2.2. EVOLUCIÓN DE LAS NORMAS DE CONSTRUCCIÓN EN VENEZUELA.

Un vacío quedó en el país en las áreas de estudio e investigaciones sismológicas luego del terremoto del 29 de julio de 1967. A pesar de que no fue considerado un sismo destructivo, a nivel de magnitud e intensidad, fueron reflejadas inminentes fallas en el sistema de diseño y construcción debido al colapso de varios edificios que fueron construidos apenas en los últimos años en Venezuela.

A pesar de que para la época los organismos rectores que regulaban las normas sísmicas y su aplicación eran el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y las Ingenierías Municipales del Distrito Federal y del Distrito Sucre del Estado Miranda (Briceño, 2007), seguía una latente preocupación por la carencia de conocimientos en el área, por lo que a fin de evitar futuras dificultades en la realización de estudios similares, se comenzaron numerosos trabajos, que concluyeron en la creación de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) en julio del año 1972 y la "Comisión de Defensa Civil" en junio del mismo año, con las cuales se pretendía cubrir el área de investigación y acción de manera de evitar futuros desastres.

Por otro lado, para la época eran varios los organismos encargados de las normas, según la entidad, por lo que en la siguiente cronología se trata por separado el proceso normativo concerniente a cada entidad.

Distrito Federal.

Año 1942.

Para esta fecha la Norma vigente del MOP es la de 1939, que en su Capítulo 2, Art. 7, N° 31, establece: "Que es necesario estudiar la estabilidad de las edificaciones contra los movimientos sísmicos, debiéndose comprobar dicha estabilidad en aquellos edificios de más de tres pisos en todo el país, y en particular para las regiones montañosas de los Andes y la Costa se hará en todos los casos". Sin embargo, en junio de este año, fue puesta en ejecución la Ordenanza sobre Arquitectura, Urbanismo y Construcción en general, la cual en su Artículo

284 establece que: "Mientras la Dirección de Obras Municipales (DOM) prepara sus Normas para Construcciones, se aplicarán las Normas establecidas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), adaptándolas a las condiciones especiales que se presenten".

Año 1947.

Debido al hecho de que las construcciones entre 1942 y 1947 eran de baja altura, tenía muy poca relevancia lo establecido en el Capítulo 2 de la Norma del MOP de 1939, en lo que concierne al estudio de las edificaciones contra los movimientos sísmicos. Frente a la declaración oficial de las "Normas para el cálculo de Edificios (Normas MOP 1947)" el 23 de agosto de 1947, se estudia la modificación de la Ordenanza Municipal de 1942, la cual concluye en efecto, el presente año, con una Ordenanza. En el Art. 371 de dicha Ordenanza, se establecen los tipos de edificaciones a los cuales se les deben aplicar cálculos antisísmicos, considerando que era imprescindible en los edificios destinados a reuniones públicas, en edificaciones de más de cuatro plantas y en aquellas con una altura menor de 13 m, cuando la relación de la altura a su ancho fuera mayor que 4. Este criterio se consideró como una ampliación de lo previsto en el Art. 284 de la Ordenanza de 1942 y se hizo efectiva su aplicación. En cuanto al procedimiento de cálculo, se empezó a pedir en la forma prevista en el Art. 6 de la Norma del MOP de 1947, pero sujeta en su interpretación al criterio de los funcionarios o representantes de la Oficina Municipal correspondiente y a las modalidades de las distintas edificaciones.

En la figura 2.1 se muestra lo que para entonces correspondía a la zonificación sísmica.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO TEÓRICO

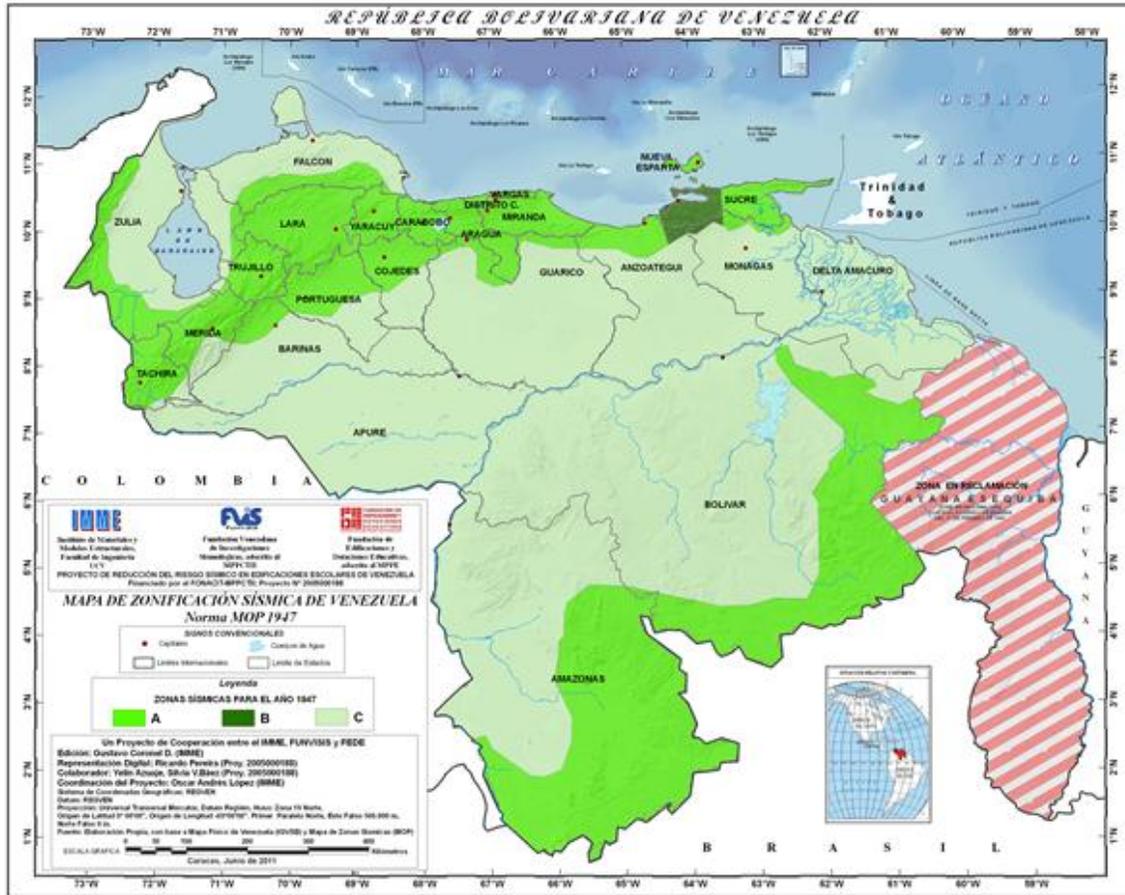


Figura 2.1 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma MOP 1947.

Fuente: IMME, FUNVISIS y FEDE, 2011.

Año 1949.

La Gobernación del Distrito Federal en Aviso Oficial del 24 de agosto de 1949, pide por primera vez el estudio detallado de las características y condiciones de resistencia del terreno sobre el cual se proyecta edificar.

Año 1952.

En 1947 se comienza a redactar un proyecto de Norma Antisísmica, debido a que en la Norma del MOP de 1947 no estaba tan claramente indicada la aplicación de las fuerzas sísmicas en dos direcciones, en comparación a la Norma del MOP de 1939. Para la redacción

de dicho proyecto, la Dirección de Obras Municipales (DOM) nombra una comisión, y ya para el año de 1952 se exige el cumplimiento de la misma, antes de tener carácter oficial. Al mismo tiempo, la DOM prepara un proyecto de Normas para el uso del concreto armado, el cual contiene también disposiciones antisísmicas basadas en consideraciones distintas a la anterior.

Año 1953.

En 1953 la DOM prepara un nuevo proyecto de Ordenanza sobre Arquitectura, Urbanismo y Construcción, que modifica la de 1942 y en éste se propone una reglamentación para la elaboración de los planos y cálculos, adaptándose a las Normas para Cálculo de Edificios del MOP.

Año 1959.

En este año, entra en vigencia en vigencia la Norma MOP 1955, elaborada por la Comisión nombrada en Noviembre de 1952, el decreto lo hizo el Ministerio de Obras Públicas, por resolución N° 191 del 7 de diciembre. A su vez, según la figura 2.2, la distribución de las zonas sísmicas en el país comienza a sufrir cambios, siendo uno de ellos el que el estado sucre toma una mayor área con sismicidad alta, además se incluyen otros estados con sismicidad alta.

En la Gaceta Municipal del 30 de Agosto de 1962, N° 107 (extraordinario), Art. 273, se actualiza el mismo criterio de la Ordenanza de 1942. Es decir que mientras los Organismos Municipales elaboran sus Normas para construcciones, se aplicaran las establecidas por el Ministerio de Obras Públicas.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO TEÓRICO

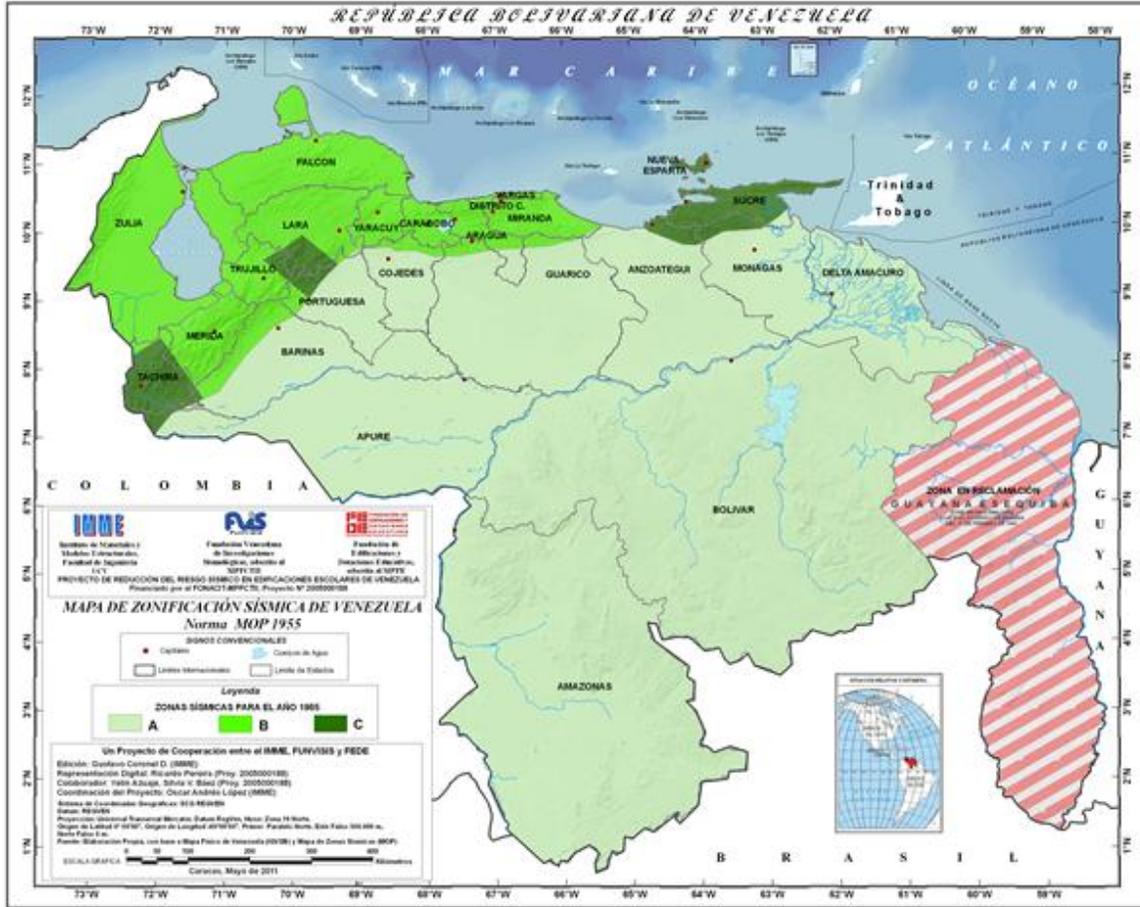


Figura 2.2 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma MOP 1955.

Fuente: IMME, FUNVISIS y FEDE, 2011.

Distrito Sucre (Edo. Miranda).

Año 1948.

A través de la Ordenanza sobre Arquitectura, Urbanismo y Construcciones en General, el Concejo Municipal del Dto. Sucre, publicada el 30 de junio de 1948, en el Art. 290, que: "Mientras la Ingeniería Municipal prepara sus Normas para Construcciones, se aplicarán las Normas establecidas por el Ministerio de Obras Públicas, adaptándolas a las condiciones especiales que se presenten".

Año 1958.

Por medio de la Gaceta Municipal, el Distrito Sucre, renueva en noviembre de 1958, lo establecido en la Ordenanza sobre Arquitectura, Urbanismo y Construcción en general de 1948. En las Disposiciones Generales, Artículo 43, se establece que: "Mientras la Ingeniería Municipal prepara sus Normas para Construcciones, se aplicarán las Normas técnicas emanadas de los Organismos Nacionales respectivos, adaptándolas a las condiciones especiales que se presenten".

Año 1967.

El 24 de mayo de 1967, el Concejo Municipal resuelve editar en folleto la Ordenanza del 17 de Noviembre de 1958. Por otro lado, a raíz del terremoto de Caracas de Julio de 1967, el Ministerio de Obras Públicas, por intermedio de su Comisión de Normas, elaboró la "Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas 1967". A esta Norma se le dio carácter obligatorio para los Proyectos y Construcciones de dicho Despacho sin que su aplicación eximiera de responsabilidad profesional. Los Organismos Municipales acogieron dicha Norma y exigieron su aplicación en los Proyectos y Construcciones, presentados por particulares. En resumen puede decirse, que la incorporación de las reglamentaciones y previsiones antisísmicas para las estructuras ha sido gradual. La información básica se tomaba de las Normas y de los resultados de los estudios de estos problemas en otros países.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO TEÓRICO

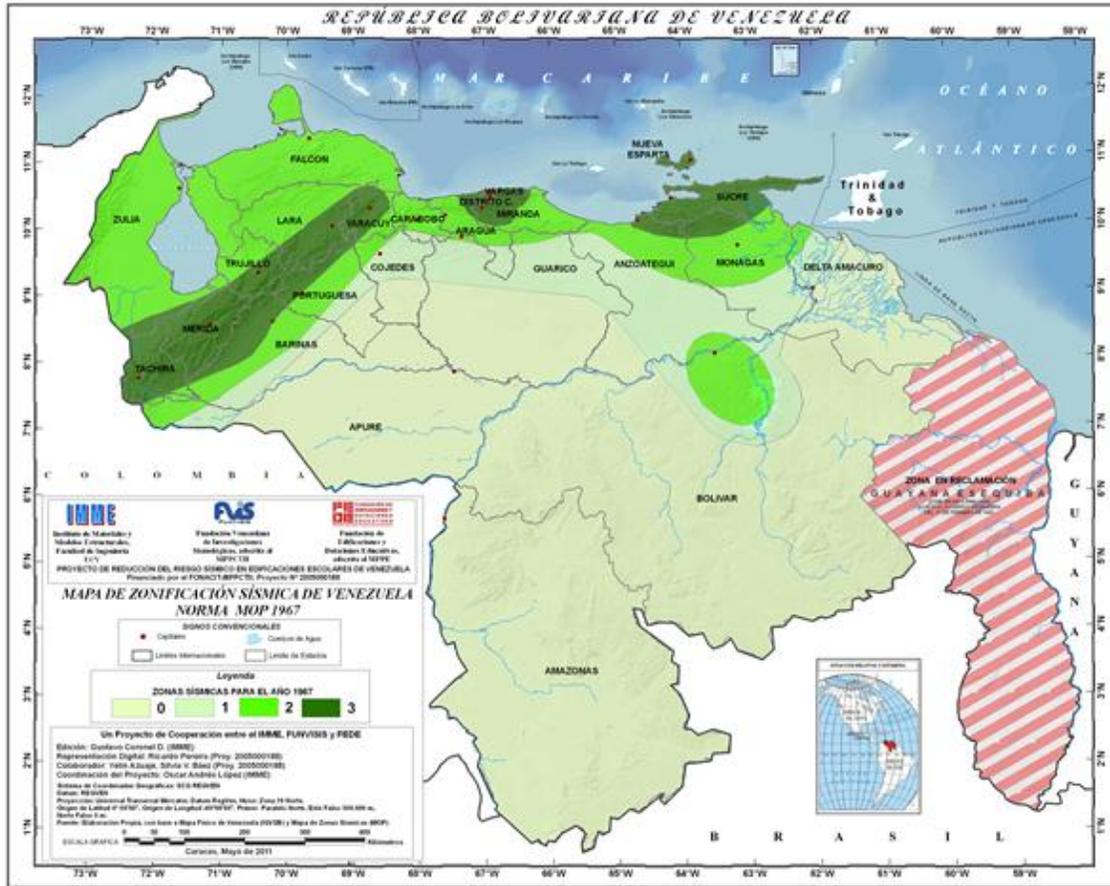


Figura 2.3 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma MOP 1967.

Fuente: IMME, FUNVISIS y FEDE, 2011.

En dicha norma se muestra que hasta la norma MOP 1967 se utilizó una teoría de diseño clásica, o conocido como Diseño por Esfuerzos Permisibles o Working Stress Desing (sus siglas en inglés WSD) y a partir de la norma 1753-81 se introdujo la teoría de rotura o diseño por resistencia o estados límites, también conocido como diseño por factores de carga y resistencia, LRFD (del inglés Load and Resistance factor Desing). En 1982 se creó la primera norma sísmica de Venezuela (COVENIN 1756- 1982) conocida como Edificaciones Antisísmicas, la cual en su siguiente versión en el 2001, cambió su nombre a Edificaciones Sismoresistentes (COVENIN 1756-2001).

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO TEÓRICO

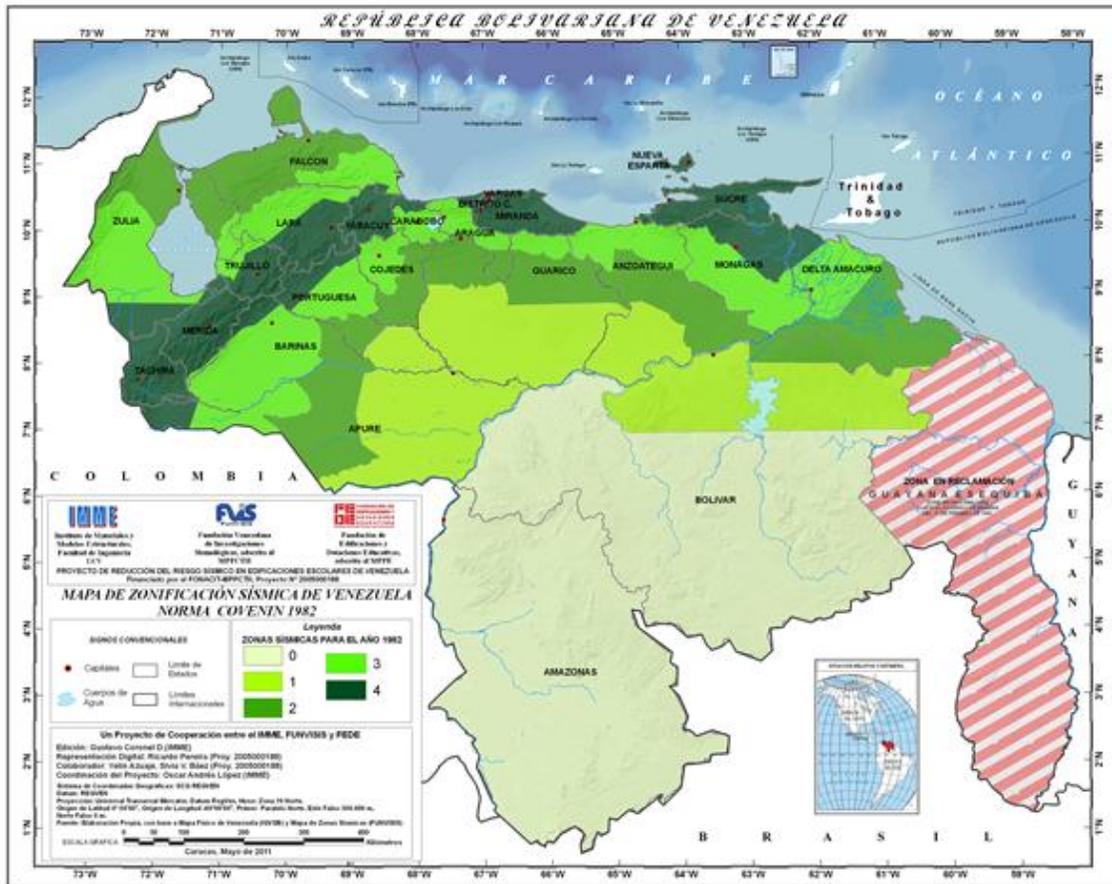


Figura 2.4 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma COVENIN 1982.

Fuente: IMME, FUNVISIS y FEDE, 2011.

Después de la trayectoria y avances en el área de la sismorresistencia se publicó el último mapa de zonificación sísmica, figura 2.5, en donde se observa que de cinco (5) rangos que se tenían para el del año 1982 (figura 2.4) se llegaron a establecer ocho (8) rangos con diferentes sismicidad.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO TEÓRICO

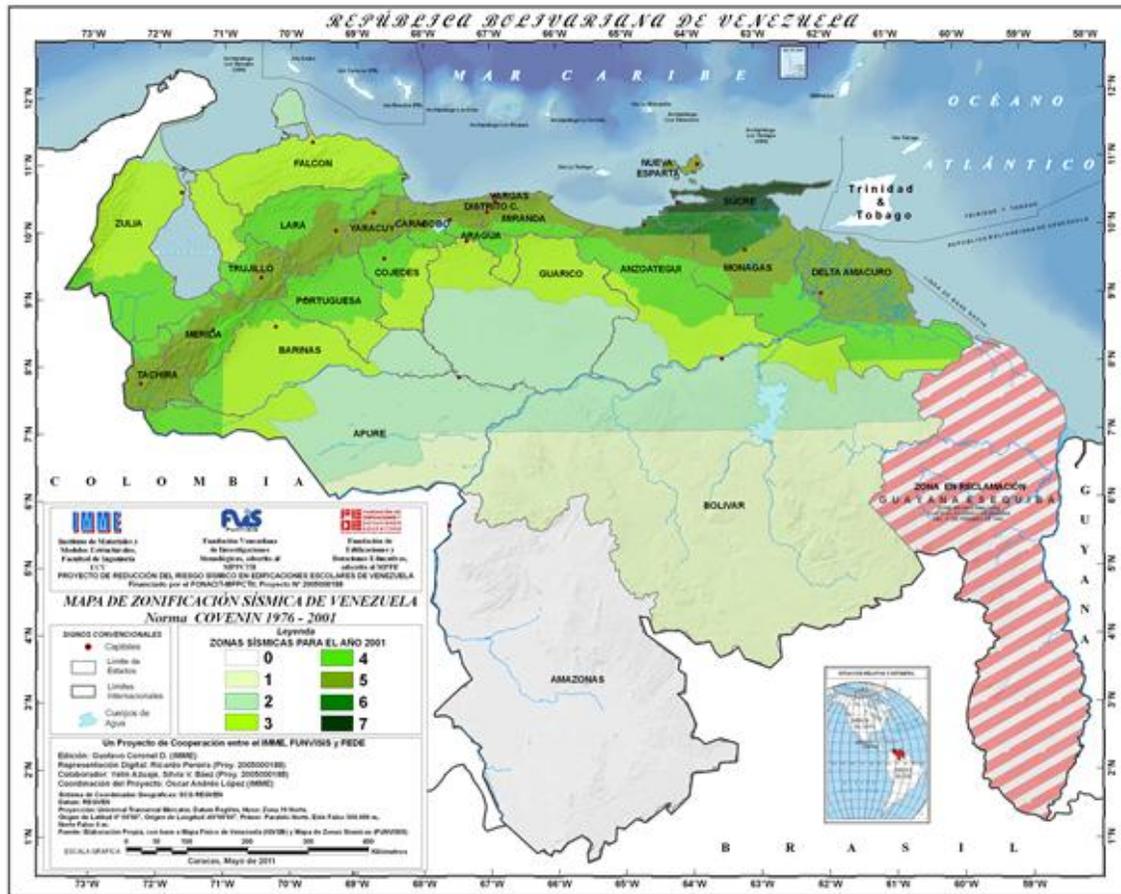


Figura 2.5 Mapa de zonificación sísmica de Venezuela. Norma COVENIN 2001.

Fuente: IMME, FUNVISIS y FEDE, 2011.

La tabla 2.1 nos muestra un resumen de lo que es la evolución de las normas en Venezuela hasta hoy en día, allí se podrá apreciar los cambios y novedades de las mismas.

Tabla 2.1. Tabla comparativa de las normas de diseño venezolanas.

	Teoría de Diseño y análisis de secciones de concreto	Resistencia a la compresión, f'c	Dimensión mínima de vigas y columnas	Resistencia nominal del acero, Fy
MOP - 1939	Teoría clásica, con acciones de servicio y tensiones admisibles.	Mínimo 120 kgf/cm ² y Máximo 200 kgf/cm ²	25 cm para columnas	1200 kgf/cm ² , sin opción a acero especial
MOP - 1947	Teoría clásica, con acciones de servicio y tensiones admisibles.	Mínimo 100 kgf/cm ² y Máximo 270 kgf/cm ²	25 cm para columnas	1200 kgf/cm ² , <i>con opción de acero especial con 1400 kgf/cm²</i>
MOP - 1955	Teoría clásica, con acciones de servicio y tensiones admisibles.	Mínimo 100 kgf/cm ² y Máximo 270 kgf/cm ²	<i>20 cm para columnas</i>	1200 kgf/cm ² , con opción de acero especial con 1400 kgf/cm ² , <i>añadiendo requisitos de calidad del material.</i>
MOP - 1967	Se presentó como de Teoría Clásica anunciando una próxima versión con Teoría de Rotura, que no apareció, pero incorporó algunos elementos de esta teoría anunciada, implícitamente.	Mínimo 100 kgf/cm ²	20 cm para columnas <i>(15 cm para pilares secundarios), añadiéndoles controles de esbeltez y excentricidades mínimas.</i>	<i>Fy admisible 0,5 límite elástico, con cota 2700 kgf/cm², y 45% de la tensión de rotura para el caso de la tracción y de 2250 kgf/cm² a compresión.</i>
COVENIN 1753-1981	COVENIN-1753-81 fue Primera norma de diseño nacional según la <i>Teoría de Rotura. Se creó la norma de diseño sísmico "Edificaciones antisísmicas" COVENIN 1756-82</i>		30 cm para columnas y 25 cm para vigas	
COVENIN 1756-1982				
COVENIN 1753-1987	Teoría de Rotura. <i>Se le modificó el nombre a la norma sísmica a "Edificaciones Sismoresistentes" COVENIN 1756-2001</i>	Mínimo 210 kgf/cm ² para zonas sísmica (2003)	30 cm para columnas y 30 cm para vigas	4200 kgf/cm ²
COVENIN 1756-2001				

Fuente: (Rojas, 2010).

2.3. BASES LEGALES.

Toda persona tiene el derecho de gozar con un lugar digno y habitable, tal cual como lo establece la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000), que en su Capítulo V denominado “De los Derechos Sociales y de la Familia”, y específicamente el Artículo 82 establece lo siguiente:

“Toda persona tiene derecho a una vivienda adecuada, segura, cómoda, higiénica, con servicios básicos esenciales que incluyan un hábitat que humanice las relaciones familiares, vecinales y comunitarias. La satisfacción progresiva de este derecho es obligación compartida entre los ciudadanos y ciudadanas y el Estado en todos sus ámbitos...”.

Al mismo tiempo, se considera a la Ley Orgánica de los Consejos Comunales (2006) que tiene por objeto regular la constitución, conformación, organización y funcionamiento de los consejos comunales, como una instancia de participación para el ejercicio directo de la soberanía popular y su relación con los órganos y entes del Poder Público para la formulación, ejecución, control y evaluación de las políticas públicas, así como los planes y proyectos vinculados al desarrollo comunitario.

Por otra parte, en materia de gestión de riesgo, se considera la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (2009), la cual tiene por objeto conformar y regular la gestión integral de riesgos socio-naturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos socio-naturales y tecnológicos.

Es importante resaltar los avances en la ingeniería estructural y sismorresistente al día de hoy, por lo que este trabajo se fundamenta, al igual que en las leyes mencionadas anteriormente, en las normas venezolanas COVENIN, entre las cuales tienen mayor relevancia las siguientes:

COVENIN 1756:2001 - Edificaciones Sismorresistentes: en esta norma se establece que una estructura debe cumplir con los siguientes requerimientos de un diseño sismorresistente:

- Las estructuras no deben sufrir daños bajo la acción de sismos menores.
- Deben resistir sismos moderados con algunos daños, económicamente reparables en elementos no estructurales.
- Deben resistir sismos intensos sin colapsar, aunque presenten daños estructurales importantes (COVENIN, 2001).

COVENIN 3661:2001 – Gestión de Riesgos, Emergencias y Desastres: revela una lista de diferentes términos usados en la gestión de riesgos, emergencias y desastres relacionados con eventos de cualquier naturaleza (COVENIN, 2001a).

COVENIN 3810:2003 – Realización de Simulacros: establece los lineamientos generales y elementos necesarios para la realización de simulacros en cualquier edificación pública o privada, con la participación de entes nacionales, regionales y/o locales (COVENIN, 2003).

2.4. BASES TEÓRICAS.

El proceso de desarrollo mismo del hombre lo ha llevado a conceptualizar de manera apropiada elementos vinculados a su hábitat, medio ambiente y las posibilidades entre ellos. Frente al gran interés del hombre en conocer y desarrollar metodologías para una mayor comprensión de los fenómenos físicos, por los cuales se ha visto muy afectado en ocasiones, la UNDRO y la UNESCO promovieron una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones. El informe de dicha reunión, *Natural Disasters and Vulnerability Analysis* (UNDRO 1979) incluyó las siguientes definiciones:

Amenaza, peligro o peligrosidad: Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

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

MARCO TEÓRICO

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

Elementos en riesgo: Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en área determinada.

Riesgo total: Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daño a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir, el producto del riesgo específico y los elementos en riesgo (Hernández, 2002).

De manera general, una vez conocida la amenaza o peligro, entendida como la probabilidad de que se presente un suceso con una intensidad específica durante un determinado periodo de exposición y conocida la vulnerabilidad, entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño ante la ocurrencia de un suceso con una intensidad específica, se conocerá el riesgo total.

2.4.1. Sismos.

Un sismo es un movimiento brusco producido en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía acumulada en el interior de la Tierra a causa de un reajuste de ésta. Dicha liberación se efectúa principalmente por la ruptura de zonas deformadas y por consiguiente, la energía se transmite a la superficie en forma de ondas elásticas que se propagan en todas las direcciones en el interior o por la superficie terrestre, causando oscilaciones y vibraciones del material a través del cual se propagan. El punto de origen o liberación de esta energía en todo sismo se llama foco o hipocentro, mientras que el punto de la superficie más próximo al foco se llama epicentro (Abou y Lee, 2005).

2.4.2. Amenaza Sísmica.

Son los efectos colaterales producto de un terremoto, como lo es la licuefacción, movimiento de la tierra, inundaciones, ruptura de fallas, deslizamientos de tierra, etc. Las características de los mismos dependerá de diversos factores, entre los cuales destaca, las características geotécnicas y geológicas, así como las particularidades del terremoto, es decir, magnitud, intensidad, duración, hipocentro, etc.

Debido a esto, se han realizado trabajos de microzonificación sísmica, siendo un paso fundamental al momento de estudiar los terremotos.

Generalmente, en su evaluación se utilizan métodos o modelos probabilísticos simplificados de cálculo para definir el comportamiento sísmico de una zona, las fuentes sísmicas y la atenuación del movimiento del suelo, expresando los resultados en forma de probabilidad de ocurrencia de los distintos tamaños de los terremotos, la probabilidad de excedencia de distintos niveles de intensidad del movimiento o a los valores máximos de aceleración esperados en un lugar y en un intervalo de tiempo determinado. Sin embargo, estos modelos involucran una gran cantidad de incertidumbres lo que lleva, inevitablemente, a ser calculados a partir de la extrapolación de datos y a la adaptación de estudios de otras regiones para que estos modelos sean completamente funcionales y en muchos casos a la simplificación de los mismos (Hérmendez, 2002).

2.4.2.1. Sismicidad.

A la fecha, son innumerables las investigaciones científicas y los trabajos reportados sobre el estudio de los terremotos, características, formas de propagación, origen, causas, etc. Una de las informaciones que se tiene, es que los mismos ocurren cuando el esfuerzo en la tierra alcanza un nivel mayor a la resistencia de la roca, causando que los lados opuestos de la misma fallen repentinamente o se deslicen violentamente pasando de un lado a otro. Estos esfuerzos pueden actuar perpendicularmente a la falla empujando las rocas entre ellas, o paralelamente a la falla moviendo las rocas unas contra otras (Hérmendez, 2002).

Uno de los trabajos más recientes sobre mapas de peligrosidad sísmica, fue el proyecto piloto desarrollado por el Programa de Evaluación de Peligrosidad Sísmica Global (GSHAP, 1999) en la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, declarada por la ONU. Este trabajo se desarrolló uniendo mapas parciales elaborados por las diferentes regiones y áreas de prueba (Figura 2.6).

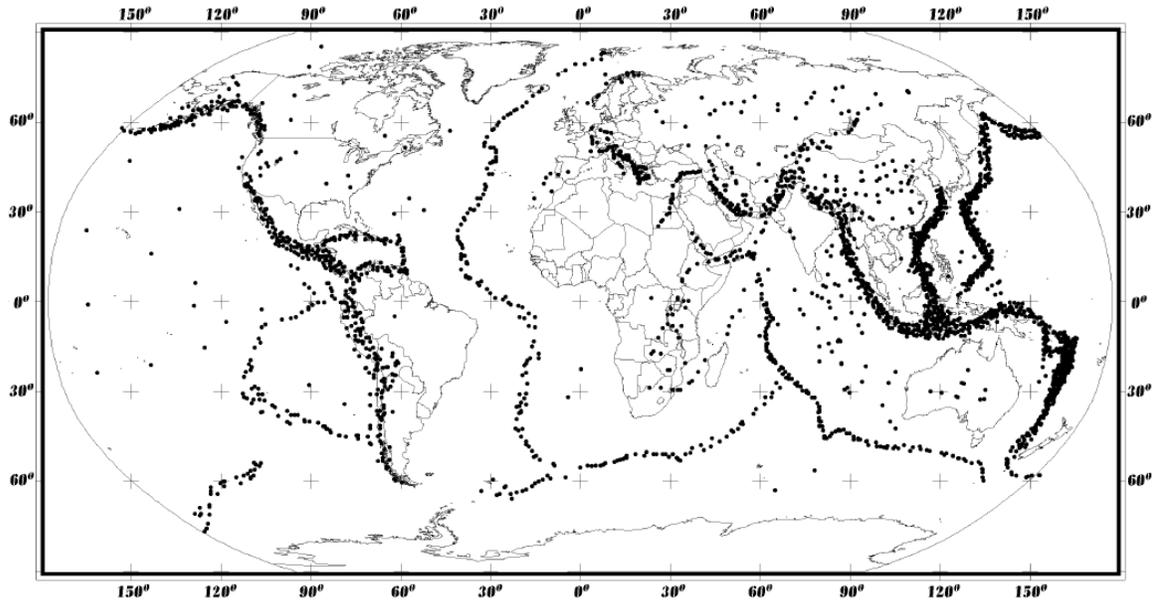


Figura 2.6. Mapa de Peligrosidad Sísmica global.

Fuente:(GSHAP, 1999).

2.4.2.2. Sismicidad en Caracas.

El comportamiento particular de los sedimentos depositados en el este del valle de Caracas, ha sido objeto de atención durante las décadas pasadas, destacando los estudios detallados de la respuesta sísmica y las características del movimiento del terreno. La norma de construcciones sismorresistentes (COVENIN, 2001) no considera parámetros importantes para la respuesta sísmica como son los espesores sedimentarios al basamento y la geometría de la cuenca, sino el espesor hasta el estrato de roca ingenieril de $V_s > 500$ m/s. En el “Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas”,

MARCO TEÓRICO

ejecutado recientemente en la ciudad de Caracas por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) en cooperación con las contrapartes nacionales, se analizaron varios escenarios para desastres asociados con terremotos. Sin embargo, los efectos producidos en relación con la cuenca y observados durante el terremoto de Caracas de 1967, no pudieron modelarse rigurosamente y se evidenció la necesidad de complementar la información existente en el subsuelo de Caracas con nuevos estudios. (FUNVISIS, 2009).

Esta labor, ya propuesta y comenzada desde antes, se realizó en los años 2005-2009 con el “Proyecto de Microzonificación Sísmica de las ciudades de Barquisimeto y Caracas”, financiado con aportes del programa FONACIT- BID II (FONACIT – 200400738). El objetivo fundamental del proyecto fue la identificación de zonas de similar respuesta ante los movimientos sísmicos, de manera de poder ajustar el diseño de las edificaciones a la diversidad de escenarios en la ciudad y de esta manera contribuir a la mitigación del riesgo sísmico en la capital venezolana. La definición de las microzonas requiere de la incorporación de la información de carácter geológico, sismológico, geofísico y geotécnico, adecuadamente procesada e integrada. Su desarrollo conllevó un conjunto de actividades que requirió la participación de diferentes disciplinas científicas y técnicas de forma integrada, así como el manejo coordinado de la información en un Sistema de Información Geográfico (SIG), el cual permita la utilización y actualización futura de la información elaborada.

En el trabajo de FUNVISIS (FUNVISIS, 2009) se presenta un resumen de la metodología empleada en el proyecto, así como los principales resultados de las evaluaciones del subsuelo, que permiten la delimitación de microzonas de similar respuesta sísmica, a las cuales se asocia para cada sitio un espectro de diseño característico derivado de modelos dinámicos tipificados y calibrados para las diferentes microzonas identificadas, y la aplicación de una metodología de evaluación de susceptibilidad a movimientos en masa de las laderas, realizando calibraciones importantes de la metodología. Es importante que ésta información sea incorporada eficientemente en la elaboración de recomendaciones, que se podrán introducir en el futuro en ordenanzas municipales. La aplicación de los resultados del proyecto en el Área Metropolitana de Caracas permitirá ajustar la tipología de edificaciones a la

diversidad de escenarios en la ciudad y de esta manera contribuir a la mitigación del riesgo sísmico.

2.4.3. Evaluación de la Sismicidad.

En los terremotos varía ampliamente la cantidad de energía liberada, lo cual se puede evidenciar a través de una pequeña fractura o grandes deslizamientos a lo largo de varios kilómetros en una falla. Es por esto que aún existe una gran incertidumbre en la evaluación del movimiento del terreno, lo que se refleja en la estimación de la amenaza sísmica del lugar. Sin embargo, cada vez más son mayores los esfuerzos que el hombre realiza, a través de la creación de métodos e instrumentos, que se van perfeccionando con el paso del tiempo, pero dentro de lo cual le falta mucho camino por recorrer.

2.4.4. Vulnerabilidad sísmica.

La evolución del proceso de construcción, ha hecho comprender que los edificios construidos con materiales de concreto y acero son mucho más eficientes frente a los construidos con mampostería, considerando además que estos últimos fueron construidos sin una norma sismorresistente. Sin embargo, hoy en día es grande la cantidad de edificaciones de mampostería presentes, por lo que el análisis de ambas estructuras es indispensable para asegurar un comportamiento controlado ante un evento sísmico en un sector en específico.

Uno de los componentes esenciales en la evaluación del riesgo sísmico es la vulnerabilidad de las edificaciones construidas por el hombre, es por esto que los materiales y el método de construcción son, entre otras, características determinantes de la misma. Una de las enseñanzas que nos han dejado los terremotos pasados ha sido que existen estructuras de una misma tipología que pueden sufrir un mayor grado de daño debido aún terremoto a pesar de localizarse en el mismo lugar (Hernández, 2002). Esto hace relevancia a lo mencionado anteriormente, es decir, que existen edificios con mejor calidad estructural que otros. Por ende, se puede llegar a definir la vulnerabilidad sísmica como la capacidad que tienen los elementos estructurales de una edificación para resistir un terremoto.

MARCO TEÓRICO

El que una estructura sea más o menos vulnerable ante un terremoto de determinadas características, es una propiedad intrínseca de cada estructura, es decir, es independiente de la amenaza sísmica del sitio de localización, por lo tanto, una estructura puede ser vulnerable pero no estar en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con una cierta amenaza sísmica.

Una de las primeras tareas que hay que plantearse en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, es el alcance que tendrán los estudios de Riesgo Sísmico. Este paso es importante, ya que la vulnerabilidad sísmica se puede evaluar de una manera muy específica realizando un estudio muy exhaustivo de las estructuras o muy general como puede ser un estudio a nivel urbano.

Otro aspecto muy importante que hay que definir al momento de plantearse la evaluación de la vulnerabilidad sísmica es definir el daño que pueda sufrir una estructura debido a un terremoto. En realidad, el daño va asociado a la vulnerabilidad, ya que una estructura es más o menos vulnerable dependiendo del daño que pueda sufrir ante un terremoto.

2.4.4.1. Daño en las Edificaciones.

El daño, en términos generales, es un concepto complejo en su interpretación y en su evaluación, o de acuerdo a la literatura el daño estructural es un fenómeno que es muy difícil modelar analíticamente o reproducir en laboratorios. El daño es un fenómeno que afecta a cualquier tipo de estructura, sin embargo, a partir de ahora se hará referencia únicamente al daño que pueden sufrir las edificaciones, por ser parte del objetivo de este trabajo. Para esto se clasificará el daño en tres grupos principales:

2.4.4.1.1. Daño estructural.

Este concepto se asocia al sistema resistente de la estructura, por lo cual, es uno de los más importantes dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio, ya que puede ser el responsable del colapso de la misma. El comportamiento de los elementos resistentes de una estructura como son las vigas, columnas, muros de carga, sistemas de

entrepiso, tiene que ver con la calidad de los materiales que componen dichos elementos, su configuración y tipo de sistema resistente e indiscutiblemente de las características de las cargas actuantes (Hernández, 2002).

Existen muchas maneras de evaluar el daño, una de ellas es la cualitativa, en la cual se definen ciertos criterios que indican la presencia de daño en un elemento. Esta forma se basa en la observación y reconocimiento de características puntuales, previamente definidas, que inducen a un daño que pudo ser provocado por diversos factores, desde un terremoto hasta deficiencia en el método constructivo o falta mantenimiento en la estructura.

2.4.4.1.2. Daño no estructural.

Es el daño causado por los elementos que no forman parte del sistema estructural, como lo son las paredes, ventanas, revestimientos, etc. (Hernández, 2002). Estos elementos pueden llegar a jugar un papel importante en lo que se refiere a pérdidas humanas y económicas, a pesar de que no, necesariamente, ponen en peligro al sistema estructural. El daño no estructural se mide generalmente a través de índices de daños, el cual involucra parámetros que miden deformaciones y distorsiones de los elementos no estructurales.

2.4.4.1.3. Daño económico.

El daño económico se resume a relacionar el daño estructural con las pérdidas económicas de un edificio producto de un evento sísmico. Para lo cual se requiere saber el costo de reposición global en términos financieros, asociándolo a un índice de daño económico global que involucre los anteriores.

Generalmente se define de la siguiente manera:

$$\text{Ec. 2.1} \quad \text{Índice de daño económico} = \frac{\text{coste de reparación del daño}}{\text{coste de reposición}}$$

En donde, el coste de reparación es una suma ponderada de los costes parciales de reparación, tanto de los elementos estructurales como no estructurales, por lo que se deben

MARCO TEÓRICO

relacionar los costes con los indicadores de daño. Existen muchos investigadores que utilizan esta definición de daño económico como son: Tatsumi, Kappos y Yépez (Hernandez, 2002).

2.4.5. Riesgo sísmico.

El riesgo sísmico evalúa y cuantifica las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de las estructuras cuya capacidad resistente fue excedida (Hérmendez, 2002).

Matemáticamente se desarrolló un marco conceptual para relacionar estos parámetros (Hérmendez, 2002), definiendo primero un Riesgo Sísmico Específico S representado como la mezcla entre las probabilidades de ocurrencia de todas las intensidades posibles de los terremotos ó peligrosidad sísmica H y la vulnerabilidad sísmica de las estructuras V (Ec. 2.2). Y el riesgo sísmico expresado como la relación entre el valor de Riesgo Sísmico Específico S y el valor económico de los elementos en riesgo E, (Ec. 2.3).

$$\text{Ec. 2.2} \quad S = H \otimes V$$

$$\text{Ec. 2.3} \quad R = S \otimes E$$

2.4.6. Mitigación del Riesgo Sísmico.

Por Mitigación del Riesgo Sísmico se entiende “cualquier acción preventiva que se toma antes de la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo intentando reducir sus consecuencias”. Es decir, son todas las medidas tomadas para incrementar la resistencia y mejorar el comportamiento de los edificios y líneas vitales para la seguridad de las personas y para la reducción de las pérdidas económicas y su impacto social (Hérmendez, 2002).

El concepto de *Mitigación del Riesgo Sísmico* está asociado a una acción preventiva, por ejemplo, el trabajo que se realiza para lograr que las consecuencias que padezca una comunidad, ya sean económicas o sociales, después de un terremoto sean las menos posibles.

Como se estudió anteriormente, el cálculo del riesgo sísmico depende tanto de la amenaza sísmica como de la vulnerabilidad sísmica, por otro lado, se sabe que la amenaza sísmica es un factor que depende de la naturaleza, sin embargo, el hombre a través de estudios del suelo podría identificar las zonas menos convenientes para la construcción de edificios, como son fallas, rellenos, zonas con igual sismicidad en general y de lugares de posibles asentamientos, deslizamientos, avalanchas o de un alto potencial de licuefacción y, de ser necesario, se estudiaría la posibilidad de utilizar técnicas de mejoramiento de las condiciones del suelo, siempre buscando disminuir la posible amplificación de la acción del terremoto.

En el caso de la vulnerabilidad sísmica, el hombre si puede tener control, puesto que, como se mencionó anteriormente, es una particularidad de los edificios que se construyen, por tanto, mejoras en los análisis, métodos constructivos, materiales para la construcción, etc., ayudan a conocer y saber, cada vez con mayor precisión, el comportamiento de una estructura si se sometiera a esfuerzos externos. Es por esto que las normas sismorresistentes se han ido modificando, con el objetivo de brindar mayor seguridad al momento de un terremoto.

2.5. BASES METODOLÓGICAS.

En este trabajo se decidió aplicar la Metodología del Índice de Vulnerabilidad propuesta por tres organizaciones a) Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS, b) el método italiano (Benedetti y Petrini) y c) la metodología del ATC 21 (FEMA, 2002). Sin embargo, se consultaron otras metodologías para el análisis y desarrollo del trabajo.

2.5.1. Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas. (JICA, 2004).

Este trabajo es parte del resultado del estudio conducido por la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), titulado "Estudio Básico sobre Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas" (JICA, 2004).

En base a los daños registrados producto del terremoto del 26 de marzo de 1812, el cual repercutó considerablemente en la zona de Caracas, se consideró ésta como posible escenario de ocurrencia de terremotos, estimando su posible impacto en la actualidad, de manera de poder establecer un plan de mitigación de desastres. Debido a la gran incertidumbre para la fecha de las metodologías desarrolladas para la microzonificación sísmica, necesaria para la simulación, persiste un dilema en la localización de la falla. Además, se revisó exhaustivamente fuentes primarias, las cuales revelaron que un 60 % de las edificaciones de la época fueron severamente dañadas en Caracas por el terremoto de 1812.

Más adelante, se logró sistematizar los datos sobre las edificaciones de la ciudad, con el objetivo de establecer un mejor modelo para la simulación y a través de los planos de grados de daños, producto de la extensa revisión documental, se evidenció la ubicación de la falla hacia la parte norte de la ciudad donde se registran la mayor cantidad de daños.

2.5.2. Programa de Estimación de Pérdidas y Multi-Riesgos – Metodología HAZUS (FEMA-NIBS, 2009).

El Departamento de Seguridad Nacional, Preparación para Emergencias y Dirección de Respuesta de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos (FEMA), desarrolló la metodología y programa de Estimación de Pérdidas de Multi-Riesgos al que denominó HAZUS-MH, *Earthquake Model*. Actualmente se encuentra en su cuarta versión (FEMA-NIBS, 2009).

En esta metodología se realizaron curvas de fragilidad para estimación de pérdidas materiales y sociales, en edificios con diferentes sistemas estructurales (pórticos de madera ligera e industrial, pórticos de acero con y sin arriostramientos, pórticos de concreto, muros de concreto, mampostería, entre otros). También se incluyeron sistemas de transporte (autopistas, vías de trenes, aeropuertos, entre otras) y los sistemas de los servicios vitales (agua potable, gas, fuentes de electricidad, entre otras), ante ocurrencias de sismos, inundaciones, incendios y otras variantes.

2.5.3. Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas. (FUNVISIS, 2009).

Producto del evento sísmico ocurrido en Caracas en el año 1967 se llevaron a cabo diversas investigaciones sobre los daños que sufrieron las edificaciones. Uno de esos estudios fue el ejecutado entre 2002 y 2004 en la ciudad de Caracas por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) en cooperación con las contrapartes nacionales, en donde se analizaron varios escenarios para desastres asociados con terremotos (JICA, 2004). Sin embargo, se presentó la necesidad de profundizar los estudios en el área, lo que llevo al desarrollo del “Proyecto de Microzonificación Sísmica de las ciudades de Caracas y Barquisimeto” entre los años 2005 y 2009, financiado con aportes del programa FONACIT-BID II (FONACIT – 200400738), y en el cual se realizaron investigaciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y geofísicas que determinaron la distribución de las diferentes unidades geológicas del valle.

Mediante estudios multidisciplinarios se constataron que los grandes espesores de sedimentos existentes en el valle de Caracas son los principales responsables de los daños ocurridos en edificaciones por eventos sísmicos, especialmente en el más reciente del año 1967, causando el colapso de cuatro (4) edificios (FUNVISIS, 2009).

Como resultado de estos estudios se logró establecer las zonas con igual respuesta a los movimientos sísmicos, permitiendo ser más específicos al momento de diseñar las edificaciones en las diferentes zonas del Valle de Caracas y así poder contribuir a la mitigación del riesgo sísmico en la capital venezolana.

La siguiente figura representa la distribución de las diferentes micro-zonas a lo largo y ancho del Área Metropolitana de Caracas, observándose que las de mayor depósito de sedimentos se encuentran en la parroquia San Bernardino y la urbanización Los Palos Grandes (color morado), y en siguiente escala, las parroquias Altagracia, San José y Chacao (color rojo) (FUNVISIS, 2009):

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS.

MARCO TEÓRICO

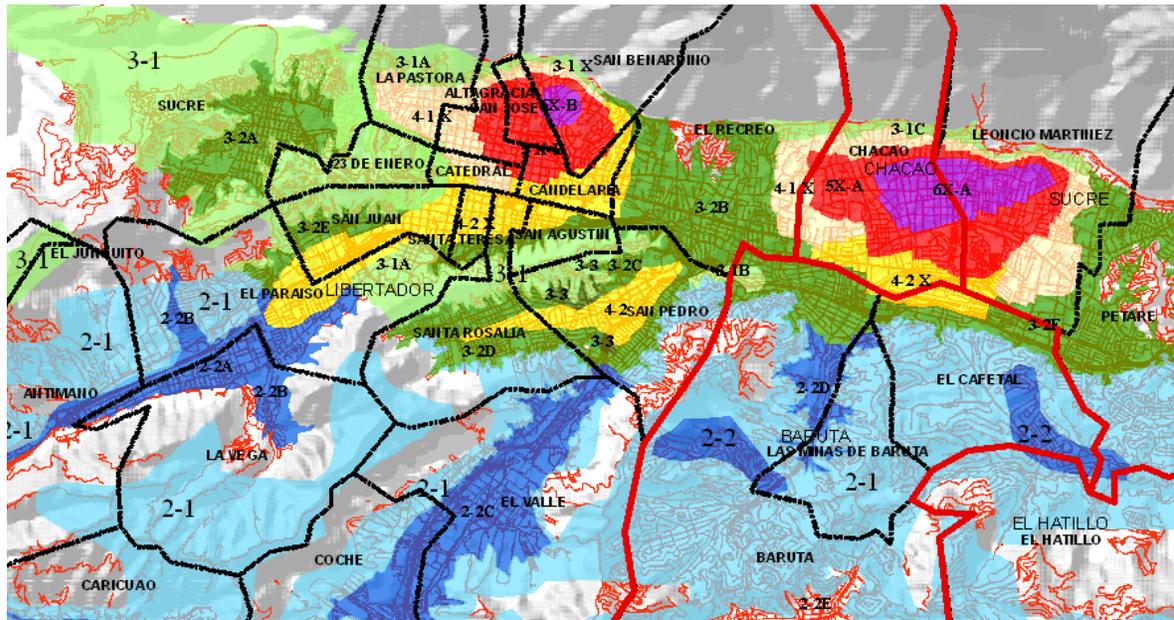


Figura 2.7. Micro-Zonas Sísmicas en el Área Metropolitana de Caracas. Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas.

Fuente: (FUNVISIS, 2009)

2.5.4. Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones en el Municipio Chacao, Área Metropolitana de Caracas (Safina et al, 2009).

En el marco de los proyectos de vulnerabilidad sísmica desarrollados por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), y en conjunto con el Instituto de Protección Civil y Ambiente del Municipio Chacao (IPCA), se realizaron estudios sobre la vulnerabilidad sísmica de las principales tipologías constructivas presentes en las edificaciones mayores a tres pisos de la urbanización Los Palos Grandes y de las edificaciones esenciales del Municipio Chacao.

La información recopilada se trabajó en una plataforma GIS, la cual sirvió para la manipulación de los datos levantados en la inspección, dentro de los cuales se encuentra, año de construcción, número de pisos, esquema en planta y en elevación, etc., de manera de poder identificar las principales tipologías constructivas y caracterizar su vulnerabilidad sísmica.

Dentro de los edificios inspeccionados se encuentran las instalaciones médico-asistenciales, los centros educativos (escuelas) y las edificaciones gubernamentales, las cuales son de gran interés al momento de realizar un plan de mitigación de riesgos.

Para determinar el Índice de Vulnerabilidad se implementó el Método de Inspección y Puntaje en cada edificación, lo cual sirvió además para la jerarquización de las mismas y a la selección de las edificaciones a las que se debería realizar un estudio detallado de vulnerabilidad.

2.5.5. Evaluación de Niveles de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela mediante Curvas de Fragilidad. (Coronel D., G., López, O. A., & Betancourt, N., 2010).

Debido a la densa ocupación de las edificaciones escolares existentes, además de que pueden servir como refugio post-desastre y por la función social que cumplen dentro de la educación, éstas presentan un gran interés dentro de las investigaciones y planes orientados a reducir la vulnerabilidad y riesgo sísmico. Por lo que en este trabajo se desarrolla una metodología, la cual permite obtener los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico de dichas edificaciones.

Se presenta la información recopilada a través de un inventario de las características estructurales de las instituciones educativas (escuelas), las cuales condicionan su desempeño sísmico. Con ésta información y bajo la hipótesis de que los edificios fueron diseñados según la norma correspondiente a la época, se construyen curvas de fragilidad sísmica siguiendo una distribución normal, las cuales se manejan a través de un Sistema de Información Geográfico (SIG) y el desarrollo de una herramienta computacional. Con la información recopilada se logra estimar los daños y niveles de riesgo sísmico de 547 edificios escolares del estado Sucre y 83 de la ciudad de Cumaná, obteniendo una jerarquización que fundamenta las decisiones para el desarrollo de un plan de mitigación de riesgo sísmico en Venezuela.

2.5.6. Confiabilidad sísmica-estructural de edificaciones existentes de caracas (Hernández, 2009).

Este trabajo tiene como finalidad evaluar aproximadamente la confiabilidad sísmica-estructural presentes en las edificaciones aporricadas de concreto armado existentes en la ciudad de Caracas, a las cuales se le aplicaron en su diseño y construcción las normas venezolanas habidas desde 1939 hasta 2009. Además de considerar la altura del edificio así como los espesores de los depósitos de suelo sobre la cual están cimentadas.

Para este estudio se tomó en cuenta el Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas realizado por FUNVISIS en el mismo año, a su vez se crearon curvas de fragilidad relacionando las normas de concreto armado, normas sísmicas, tres rangos de altura y dos clases de espesores de suelo. Dichas curvas se calibraron con los daños ocurridos en el terremoto de 1967 para garantizar su validez. Se trabajan con diferentes escenarios de daño probable, pudiendo dar un resultado del riesgo sísmico de múltiples aplicaciones.

Los resultados del estudio fueron comparados con otras estimaciones pasadas y recientes, notándose la superior validez del método. Por último, se pudo discriminar los distintos niveles de riesgo sísmico a que están sometidas las diversas edificaciones en el valle de Caracas, permitiendo tanto la definición cualitativa de prioridades de intervención ventajosas, como estimados cuantitativos del riesgo, necesarios para adelantar racionalmente tomas de decisiones de planificación económica, gestión de desastres y programas de aseguramiento.

2.5.7. Sistema de Información Geográfico (SIG).

Un SIG es un sistema que integra un grupo de subsistemas esenciales para su correcto funcionamiento, entre estos se tiene: un equipo informático, el software correspondiente al sistema, información georreferenciada de los elementos de estudio, así como sus atributos descriptivos y un diseño específico de la aplicación. A continuación se presenta los principales componentes de un SIG y la forma de interactuar entre ellos (Hernández, 2002).

2.5.7.1. Información Georreferenciada.

Se necesita seleccionar un software y tener un equipo informativo con los cuales podrá introducir los elementos que conformaran el “mundo real”. Para lograr esto se necesita la combinación de varios campos como son: el catastro, la topografía, la cartografía, el levantamiento, la fotogrametría, el procesamiento de imágenes, la percepción remota, la planeación rural y urbana, la ciencia de la tierra y la geografía.

2.5.7.2. Atributos descriptivos.

Estos corresponden a la información que cada elemento tiene, representados por puntos, líneas o polígonos, en su forma más simple. Estos se almacenan en una tabla que se encuentra relacionada con el elemento por medio de un indicador común.

2.5.7.3. Equipo informático.

Esto corresponde a la parte física del sistema y forma la parte medular de un SIG. Puede estar constituido por un ordenador, en donde se realizan todas las operaciones geográficas; digitalizador y escáner, para convertir una imagen en formato digital; equipos GPS, etc.

2.5.7.4. Software.

Esencial para introducirse en el ambiente de trabajo de un SIG. Provee de las funciones y herramientas necesarias para el almacenamiento, análisis y despliegue de la información. La variedad es amplia y entre ellos se encuentran: IDRISI, Mapinfo, ARCVIEW, GRASS, ILWIS, ERDAS, ARCINFO, entre otros.

No se puede olvidar que el SIG no podría existir sin el trabajo de personas dedicadas a la planeación de proyectos. Integradas por diferentes disciplinas, como geólogos, ingenieros, administradores, ecónomos, geógrafos, etc., estas personas forman los grupos responsables de diseñar los proyectos y lo que para ello se requiere.

MARCO TEÓRICO

El usuario también forma parte esencial del SIG, ya que para los análisis muchas veces se requiere la combinación de herramientas auxiliares, que harán más eficiente el trabajo, al igual que el conocimiento del tema de los datos que se usarán; esto dependerá de las necesidades que se tengan y de la disponibilidad de estos programas.

Finalmente, un SIG es una herramienta muy poderosa, si así se quiere, ya que nos permite elaborar mapas a diferentes escalas, en diferentes proyecciones y colores, además permite realizar operaciones espaciales o geográficas, basadas en conceptos matemáticos, que, en ocasiones, pueden llegar a ser complejas, además de identificar los elementos de los mapas mediante relaciones espaciales.

2.5.8. Método de FUNVISIS (FUNVISIS, 2011).

El método de FUNVISIS, el cual habla de la asignación de un índice de priorización sísmica a edificaciones existentes, busca establecer un índice que permita comparar una edificación con otra a fin de definir prioridades hacia estudios detallados posteriores que permitan la toma de decisiones y eventuales intervenciones de refuerzo estructural. El índice es calculado a partir de información básica obtenida de una visita e inspección de corta duración a la edificación.

Para el cálculo del Índice de Priorización se toman en cuenta varios factores como: la amenaza sísmica en el sitio, uso e importancia de la construcción, número de personas expuestas, antigüedad de la obra, su altura, profundidad del depósito de suelo, grado de deterioro, topografía del sitio y algunas características básicas de la estructura y de las paredes de relleno que condicionan su desempeño sísmico.

El Índice de Priorización (I_p) se calcula a partir de:

$$\text{Ec. 2.4} \quad I_p = I_A \cdot I_V \cdot I_I$$

Donde I_A es el Índice de Amenaza, I_V es el Índice de Vulnerabilidad y I_I es el Índice de Importancia. El Índice de Amenaza puede variar entre 0,23 y 1, el Índice de Vulnerabilidad

entre 6,5 y 100 y el Índice de Importancia entre 0,8 y 1. Como consecuencia, el Índice de Priorización puede variar entre 1,20 y 100.

El Índice de Amenaza involucra el coeficiente (A_0) de aceleración del terreno, basados en la zonificación sísmica del país contenida en la norma sismorresistente nacional (COVENIN 2001) y en la topografía del terreno.

El Índice de Vulnerabilidad (I_V) está dado por:

$$\text{Ec. 2.5} \quad I_V = \sum_{i=1}^6 \alpha_i \times I_i$$

Donde I_i es el Índice de la vulnerabilidad “i” y α_i es su peso relativo. El método define un I_i y un α_i en base a las siguientes medidas: antigüedad y norma utilizada, tipo estructural, irregularidad, profundidad del depósito, topografía y grado de deterioro.

El índice de Importancia (I_I) tiene como finalidad incorporar dentro del proceso de priorización el uso que tiene 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 y después de la ocurrencia de un sismo, como pueden ser los hospitales y centros de salud en general, escuelas que sirven de refugio temporal y otras.

2.5.9. Método italiano.

Una de las metodologías que actualmente se emplea en varias partes del mundo es la propuesta por los investigadores Benedetti y Petrini en el año 1982, la cual se ha ido desarrollando en base a la información recopilada tras los daños provocados por diversos terremotos desde 1976. Con esta información se ha creado una base de datos con el índice de vulnerabilidad de cada edificio, así como el daño sufrido por terremotos de determinada intensidad (Hernández, 2002).

Son muchas las razones que nos lleva a escoger ésta metodología para el cálculo del índice de vulnerabilidad, una de ellas es que está fundamentada en datos reales, lo cual nos

MARCO TEÓRICO

garantiza un mayor grado de credibilidad en los resultados, otra de las razones es que se puede aplicar a estudios a nivel urbano, ajustándose perfectamente al tipo de investigación que se pretende desarrollar. Por otro lado, tiene una larga trayectoria en cuanto a su aplicación en otros países, por ejemplo, se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Italia con buenos resultados y como consecuencia se adoptó oficialmente por un organismo gubernamental de protección civil (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti, GNDT), se ha aplicado en España en los sismos de Almería en 1993 y 1994 (Yépez, 1994) y muchos otros casos.

El método del índice de vulnerabilidad desarrollado por Benedetti y Petrini en 1984 (Hérendez, 2002) se fundamenta en los parámetros que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto. Así mismo, reconoce varios tipos de construcción, evaluando las ventajas y desventajas de cada uno. Otra de los aspectos que toma en cuenta esta metodología son el tipo de cimentación, elementos estructurales y no estructurales, configuración en planta y en elevación, el tipo y calidad de los materiales, el estado de conservación, etc., a los cuales asigna una ponderación, a través de un peso W_i que enfatiza su participación en el resultado, y que al final proporcionan un valor numérico de la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de los edificios de mampostería y concreto armado.

En total son once parámetros que calificados con su valor máximo se obtiene un índice de 382.5 (el valor mínimo es 0.0). El índice de vulnerabilidad global de cada edificio, en el caso de mampostería, se evalúa utilizando la ecuación Ec. 2.6:

$$\text{Ec. 2.6} \quad I_V = \sum_{i=1}^{11} K_i \times W_i$$

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de concreto armado, se utiliza un procedimiento similar al propuesto para edificios de mampostería, igualmente se utilizan once parámetros, con los cuales se realiza una suma ponderada utilizando factores de peso para obtener el índice de vulnerabilidad final mediante la siguiente expresión:

$$\text{Ec. 2.7} \quad I_V = 100 \times \frac{(\sum_{i=1}^{11} K_i \times W_i) + 1}{34}$$

2.5.10. Evaluación visual rápida de edificios en posible riesgo sísmico (FEMA, 1988-2002).

La metodología fue propuesta y desarrollada por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (siglas en inglés FEMA) y, a diferencia de otras metodologías, busca determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de un edificio utilizando las siguientes factores: características del suelo, grado de peligrosidad sísmica, importancia de la edificación dentro de la zona de estudio, cálculo racional y analítico basado en ese procedimiento cuantitativo (con factores de peso), cuyos resultados se refieren a cantidades e interpretaciones físicas, aplicabilidad del método en todo el país, considerando las posibles diferencias en la práctica de la construcción, niveles de carga y condiciones del lugar, incorporación de variables probabilísticas al tratar de identificar los tipos de estructuras y sus características, año, estado y tipos de materiales de construcción, así como diversos riesgos estructurales relacionados con la construcción.

El procedimiento se basa en una puntuación básica asociada a la estructura en peligro, siendo igual al logaritmo negativo de la probabilidad del daño grave, con daños mayores al 60% del valor de reposición de la edificación. Los valores de la puntuación básica son determinados mediante el Programa Nacional de Reducción de Riesgo Sísmico (siglas en inglés NEHRP), o con el uso en campo de la planilla ATC-21.

2.6. ZONA DE ESTUDIO.

2.6.1. Reseña histórica.

La fundación de la Parroquia Catedral coincide con el período de fundación de la Ciudad de Santiago de León de Caracas. Para ese momento su nombre oficialmente se debe a una Real Cédula de junio de 1637, cuando se ordena el traslado de la catedral de Coro para Caracas y a la vez se ordena también que el obispo y el cabildo residieran en la ciudad. Desde entonces se denomina, a la única parroquia que existía al momento de la fundación de la Ciudad de Santiago de León de Caracas, Parroquia Catedral.

La ciudad empezó a tener rango de capitalidad fue para la fecha en que gobernaba Juan de Pimentel (1576-1583), cuando él mismo describió en su plano a la Caracas de entonces, el cual fue elaborado por Diego de Henares en el año 1578, según consta en El Archivo General de Indias en la ciudad de Sevilla, dando el primer informe oficial de la ciudad (Servicio de Información para la Diversidad Cultural, 2009).

Para el momento de su fundación, el cuadrilátero lo constituían apenas 25 manzanas, siendo la del centro la Plaza Mayor, ubicando en la manzana del frente la Catedral. En el resto de las manzanas se ubicaban el cementerio, el Palacio Arzobispal, la casa de los gobernadores y otros edificios de interés social y religioso.

2.6.2. Ubicación.

Por su larga historia es uno de los sitios de mayor interés histórico, arquitectónico y comercial de la ciudad de Caracas.

Ubicada en el centro histórico de la capital venezolana. Actualmente es una de las 22 parroquias que conforman el Municipio Libertador de Caracas. Limita al sur con las parroquias Santa Rosalía, Santa Teresa y San Juan, al norte limita con la Parroquia Altigracia, al este limita con la Parroquia Candelaria y al oeste con la Parroquia 23 de Enero. Además está conformada por las esquinas Marrón, Principal, La Torre, El Conde, Ibarra, La bolsa, San

MARCO TEÓRICO

Francisco, Pajaritos, Sociedad, El Chorro, San Jacinto, Gradillas, Las Monjas, Mercaderes, La Gorda y Santa Capilla.

2.6.3. Edificaciones existentes.

La Parroquia Catedral es la más antigua, y es por esto que en ella se puede avistar fácilmente las construcciones de la época colonial, las cuales se conservan hoy en día, entre ellas tenemos la Catedral de Caracas, el Museo Sacro, la Casa Amarilla, , el Palacio Municipal actual sede de la Alcaldía de Caracas donde se firmó el Acta de Independencia de Venezuela, todas alrededor de la Plaza Bolívar. Además edificaciones como la Casa Natal del Libertador Simón Bolívar, el Museo Bolivariano frente a la Plaza El Venezolano, el Palacio de las Academias que era la sede antigua de la Universidad de Caracas, la Iglesia de San Francisco donde se proclamó a Bolívar como Libertador y la Antigua Corte Suprema de Justicia. Entre estas edificaciones fueron construidas otras obras, en el período de Antonio Guzmán Blanco, como el Capitolio Federal o Palacio Federal Legislativo, la Basílica Menor Santa Capilla, Parque El Calvario, el Arco de la Federación, La Villa Santa Inés en Caño Amarillo y el Palacio de Miraflores, sede de la presidencia de la República.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Una de las características más importante de los estudios de riesgo sísmico a nivel urbano es que la metodología que se utiliza en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios tiene que ser de alguna manera simplificada, para que se pueda aplicar a grandes áreas o a un gran conjunto de estructuras.

Evidentemente cualquier metodología se puede aplicar pero con su correspondiente incremento en los costes de aplicación, que para el caso de ciudades grandes seria elevado. Por esta razón se tiene que encontrar la metodología que mejor se adapte a los objetivos planteados en el estudio de riesgo sísmico, pero sobre todo a la disposición de información de los elementos que se pretenden estudiar (Hernández, 2002). En la siguiente parte de este trabajo, se presenta la metodología a emplear para evaluar la calidad estructural y sismorresistente o vulnerabilidad sísmica de los edificios en la Parroquia Catedral de Caracas a través de tres métodos de estudio de vulnerabilidad urbana.

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN APLICADO. TIPO DE ESTUDIO.

3.1.1. Estudio descriptivo.

En función de la metodología para la consecución de los objetivos planteados en el presente trabajo, se define a esta investigación como un trabajo Especial de Grado de tipo descriptivo. Tal como lo define (Gil, 2005), las investigaciones descriptivas constituyen el punto de partida de las líneas de investigación, su objetivo es determinar la situación de las variables involucradas en el estudio en un momento dado con relación a su presencia o ausencia, la frecuencia con que se presenta un fenómeno (incidencia o prevalencia), características de las personas, lugar y periodo donde ocurre.

La recopilación de información de cada edificación evaluada, recoge datos vitales que dan muestra de su característica estructural, de uso, ubicación y de sus ocupantes, lo cual ha de permitir en buena medida la estimación de su vulnerabilidad y riesgo ante un evento sísmico.

3.1.2. Estudio Comparativo.

Como parte de la evaluación simplificada de la vulnerabilidad y riesgo sísmico presente en los edificios de la Parroquia Catedral, se incorpora en esta investigación un análisis comparativo entre los índices de vulnerabilidad obtenido por el método propuesto por la FEMA a través de la Planilla de Evaluación Rápida Visual de Edificios en Posible Riesgo Sísmico FEMA-154 (FEMA, 2002), de igual manera el empleo del estudio propuesto por FUNVISIS para determinar el Índice de Priorización en Edificaciones Bajo Riesgo Sísmico (FUNVISIS, 2011) y por último la evaluación simplificada y adaptada del Método Italiano (Hernández, 2002)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La muestra de edificios evaluada en este trabajo fue tomada del servicio comunitario en su primera fase: *“Inventario de las características de las edificaciones, el entorno y la comunidad del casco histórico de Caracas que condiciona su vulnerabilidad y riesgo sísmico”*. En él se logró inspeccionar 11 manzanas de la Parroquia Catedral, arrojando un total de 166 edificios evaluados. (FUNVISIS et al, 2011)

Dentro de la zona evaluada se ubican gran parte de las edificaciones del casco histórico de Caracas, así como también edificios que funcionan como sede de gobierno y poderes públicos. En líneas generales dentro de la zona evaluada se pueden ubicar edificios de uso residencial, comercial, industrial, de oficinas, centros religiosos y culturales así como zonas de esparcimiento y concentración de un número importante de personas. Esta gran diversidad de usos y la connotación histórica de muchos de sus lugares y estructuras, la zona evaluada representa un sitio turístico dentro de la Ciudad Capital.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS.

MARCO METODOLÓGICO.

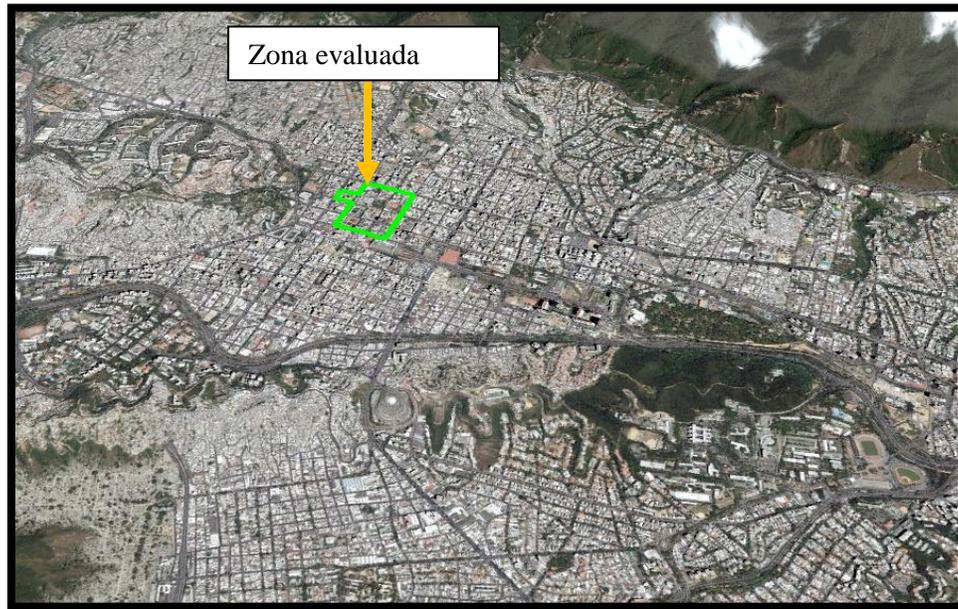


Figura 3.1. Ubicación espacial de la zona evaluada. Fuente: tomado de Google Earth.

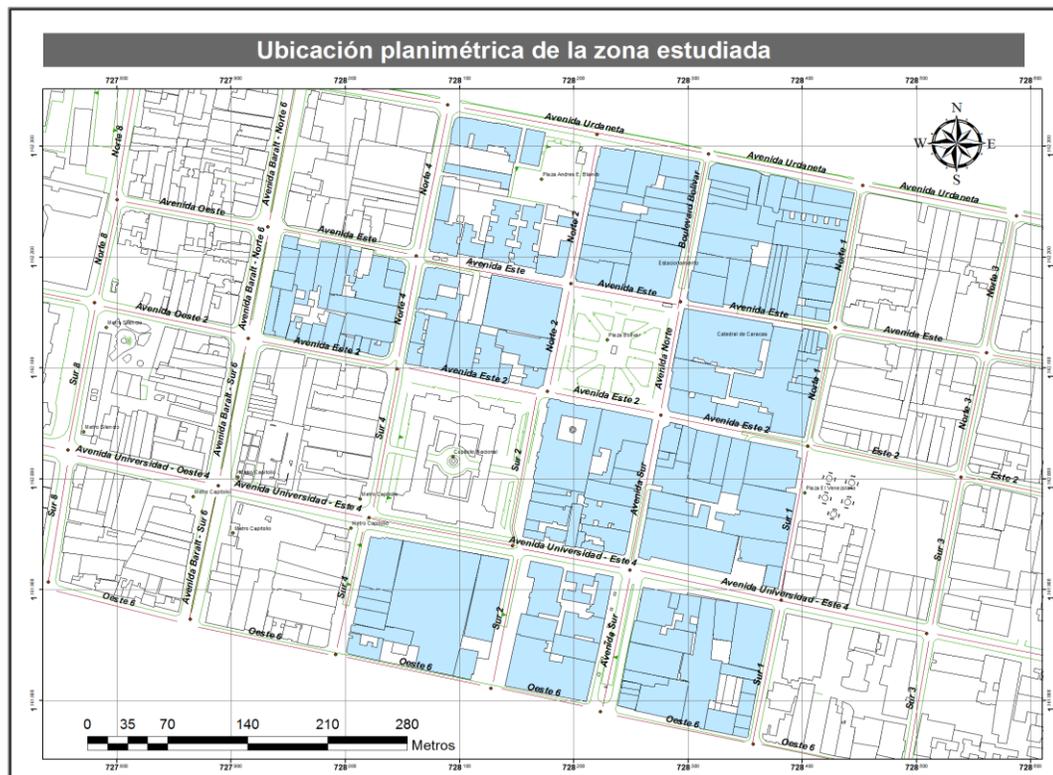


Figura 3.2. Ubicación planimétrica de la zona evaluada.

3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Con la finalidad de obtener una base de datos que recoja información específica de los edificios en estudio, y además identificar sus características tanto propias como del entorno, se ha implementado en esta investigación dos planillas con un total de 3 páginas que de forma esquemática recaban los datos necesarios para ser incorporados en la determinación del índice de vulnerabilidad para cada edificio por medio de los métodos antes descritos.

3.3.1. Implementación de planillas de inventarios de edificios.

De las dos planillas implementadas para fines del inventario de las edificaciones, la primera corresponde a la diseñada por FUNVISIS para el estudio sismorresistente de edificaciones bajo riesgo y determinación del índice de priorización (FUNVISIS, 2011), la segunda corresponde a una planilla de complemento, a fines de recopilar información que en la primera planilla no se encontraba y que además es necesarias para evaluar a través de los tres métodos los Índices de Vulnerabilidad que en este trabajo se presentan.

La estructura de dichas planillas está dada para identificar las características sismorresistente de los edificios evaluados, al igual que caracterizar la zona donde estas se encuentran, además de un registro rápido y superfluo de la preparación y ocupación de los habitantes de la zona. Este último punto ha resultado de gran importancia para la elaboración del plan de gestión local de riesgo incluido en este trabajo. En el Anexo “A” del presente trabajo se muestran las planillas empleadas para el inventario de las edificaciones.

3.3.2. Proceso de recolección de información.

Para la realización de las inspecciones a las edificaciones estudiadas en el presente trabajo, se contó con la información recopilada por inspectores del servicio comunitario antes mencionado, el mismo estuvo conformado por equipos de estudiantes de los últimos semestre de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Central de Venezuela. En total se lograron

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS.

MARCO METODOLÓGICO.

conformar 5 grupos de dos personas cada uno, a cada equipo les fue asignada una cantidad específica de parcelas dentro de la Parroquia Catedral y adyacente a la Plaza Bolívar.

En cuanto al modo de ejecución de los levantamientos, se procedió de acuerdo al informe técnico presentado por el departamento de Ingeniería Sísmica de FUNVISIS para la determinación de Índices de Priorización de Edificaciones Para la Gestión de Riesgo Sísmico (FUNVISIS, 2011).

Cada levantamiento contó en su mayoría con una inspección visual y recorrido por las instalaciones y áreas de los edificios, además de entrevistas a algún habitante del mismo con el propósito de conseguir información que por la vía visual no se podía obtener. Sin embargo, en pocas edificaciones varias informaciones puntuales no se lograron obtener, por lo cual se procedió a una revisión en la Gerencia de Prensa y Comunicaciones, Unidad de Archivo de Fundapatrimonio.

3.4. BASE DE DATOS E INVENTARIO DE EDIFICACIONES.

3.4.1. Campos evaluados.

El conjunto de datos que corresponde a cada edificio fue compendiado mediante un cuadro resumen a través de una hoja de cálculo. Mediante esta herramienta se armó una base de datos con todos los edificios levantados, la misma se estructuró identificando los siguientes campos:

- | | |
|--|--|
| 1.- Código Catastral | 27.- Tipo de adosamiento |
| 2.- Nombre/N° Edif. | 28.- Estado del Concreto/Acero refuerzo |
| 3.- Estado | 29.- Estado de elementos de acero |
| 4.- Ciudad | 30.- Agrietamiento en paredes de relleno |
| 5.- Parroquia | 31.- Estado general de mantenimiento |
| 6.- N° de pisos | 32.- Suministro de gas |
| 7.- N° de semi-sótanos | 33.- Suministros de agua potable |
| 8.- N° de sótanos | 34.- Líneas telefónica |
| 9.- Uso de la edificación | 35.- Sist. Cloacas |
| 10.- N° Ocupantes | 36.- Medidor |
| 11.- Turno de mayor ocupación | 37.- Tipo de entrepiso |
| 12.- Año de construcción | 39.- Concentración de cargas |
| 13.- Condición del terreno | 40.- Rec. predominante en fachada |
| 14.- Drenaje | 41.- Elem. adosado en fachada |
| 15.- Microzona | 42.- Daños por sismos pasados |
| 16.- Macrozona | 43.- Daños otros eventos pasados |
| 17.- Tipo estructural | 44.- Ampliaciones |
| 18.- Esquema en planta | 45.- Remodelaciones |
| 19.- Esquema en elevación | 46.- Refuerzos Estructurales |
| 20.- Separación entre edificios | 47.- Información sobre los ocupantes |
| 21.- Ausencia de vigas altas (AVA) | |
| 22.- Entrepiso débil ó blando (EDB) | |
| 23.- Columnas cortas (CC) | |
| 24.- Disc. Ejes de columnas (DEC) | |
| 25.- Abertura significativa en losas (ASL) | |
| 26.- Asimetría de masa/rigideces en planta (AM-RP) | |

MARCO METODOLÓGICO.

Todos los campos mencionados arriba fueron alimentados por medio de la automatización de las planillas. Esta forma facilitó el llenado de la base de datos de 166 edificaciones así como también mantener un orden de los mismos en cuanto a la manzana y la parcela respectiva.

3.4.2. Organización y clasificación de la información.

Para el compendio de toda la información recopilada de cada edificación por medio de las planillas se obtuvo un cuadro resumen en el cual cada columna estaba identificada con cada uno de los campos arriba mencionados, mientras que en las filas se organizaban los edificios en función de un ID o identificador abreviado del edificio el cual se describe en la sección 3.4. del presente capítulo.

3.4.3. Análisis de la información recopilada.

Teniendo la información organizada, se pretende entonces mostrar estadísticas que muestren las principales características halladas mediante los levantamientos e inventario de edificios.

3.4.3.1. Totalización de datos.

Con la finalidad de mostrar la proporción y distribución de alguna característica dentro de la muestra de edificios, se efectuó una totalización dentro de la base de datos de algunos campos que representan importancia dentro de este estudio. Esto ha permitido crear mediante gráficas una distribución porcentual, cuantitativa y cualitativa de varios campos que en la sección 3.4.1. se mencionan.

3.4.3.2. Análisis y observaciones.

A cada una de las gráficas obtenidas a través de la totalización le corresponde su respectiva discusión y análisis, destacando así la incidencia e importancia de los campos evaluados, permitiendo de esta manera observar e identificar particularidades dentro de la muestra de edificios.

3.5. INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN RECOPIADA EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

Hoy día la versatilidad de muchas herramientas en facilitar el procesamiento y presentación de información ha generado un avance importante en el estudio de distintas problemáticas que involucran al entorno humano. En el caso específico de los SIG, se ha producido un incremento importante en su aplicación por su capacidad de almacenamiento y organización de información espacial además de ayudar a entender y orientar algunos de los problemas de gran incidencia a los que se enfrenta el mundo actual.

La incorporación de esta herramienta para el procesamiento y organización de la información que el presente Trabajo Especial de Grado contempla, ha de permitir la generación de análisis de resultado mediante mapas temáticos, lo cual ha sido fundamental para el estudio de Riesgo Sísmico. Estos mapas permiten mostrar los posibles escenarios de pérdidas, lo cual se traduce en identificar zonas o regiones con riesgo sísmico muy elevados o que ameriten de una atención inmediata e identificación de estructuras con una considerable vulnerabilidad, dando así una idea global del problema y permitiendo dar soluciones al mismo mediante planes de mitigación de riesgo sísmico.

El software empleado en esta investigación, corresponde a la versión 9.2 de ArcGIS, esta herramienta ha permitido la elaboración de polígonos georreferenciados referentes a las parcelas y edificio que acá se estudian, a estos mismos se les ha asociado la información respectiva que en la base de datos se encuentra. A cada uno de los edificios estudiados se les asignó un ID o identificador abreviado del edificio, el cual tiene la finalidad de establecer un código en común entre la base de datos obtenida mediante la herramienta *Excel* y la base de datos cargada en el SIG. Par el caso de este trabajo el identificador usado fue el N° de parcela del edificio referenciado a su respectiva manzana. De esta manera se permite asociar todos los atributos o características dentro del SIG que a cada ID o edificio corresponde.

De igual manera esta herramienta fue empleada para la generación de mapas que muestran las principales características evaluadas en los edificios, dentro de tales

MARCO METODOLÓGICO.

características se puede mencionar el año o periodo de construcción de los edificios, el número de piso o niveles por encima del suelo, el tipo o tipos de uso, sistema estructural, entre otros.

3.6. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Es indispensable para el estudio de riesgo sísmico la amenaza provista por la ubicación de la zona evaluada, así como también la vulnerabilidad en función de las posibles deficiencias estructurales que pueda presentar un edificio ante un evento sísmico.

3.6.1. Estimación de los Índices de Amenaza Sísmica.

En cuanto a la amenaza sísmica, se ha de estimar empleando los valores de aceleración de diseño en roca A_o , presentados en la Norma COVENIN 1756 (COVENIN, 2001) en función de las zonas sísmicas que allí se estipulan, además de los resultados del Proyecto de Microzonificación Sísmica (FUNVISIS, 2009). Con el empleo de estos datos se procede al cálculo de los diferentes Índices de Amenaza basada en una relación proporcional entre los valores máximos y mínimos de aceleración en todo el territorio nacional.

Los Índices de Amenaza vendrán dados por la ocurrencia probable de un sismo de baja, mediana y de alta magnitud.

3.6.2. Estimación de los Índices de Vulnerabilidad.

El presente Trabajo de Grado requiere la evaluación de cada edificación a través de tres Métodos, los cuales han de permitir estimar mediante el análisis de diferentes parámetros y de forma independiente valores que caractericen la vulnerabilidad de los edificios. Todos los parámetros en cada uno de los métodos han sido evaluados tomando en consideración los datos arrojados por la base de datos.

3.6.2.1. Estimación de Vulnerabilidad Mediante el Método de FUNVISIS (2011).

Este método permite estimar el grado de priorización ante riesgo sísmico de edificaciones, para ello evalúa la vulnerabilidad presente en las mismas y la amenaza sísmica que pudiese establecer un entorno de riesgo.

Evalúa la vulnerabilidad en función de 6 parámetros que estudia la condición sismorresistente propia de un edificio y su ubicación.

Para la determinación de los Índices de Vulnerabilidad con este método, se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 3.1} \quad I_v = \sum_{i=1}^6 \alpha_i * I_i$$

Donde I_i representa el Índice de Vulnerabilidad asociado a una característica particular de la estructura o el terreno donde esta se ubique, mientras α_i representa el peso relativo para cada valor de I_i (ver tabla 3.1), el valor de este peso varía en función del Índice evaluado y los valores I_i varían de 0 a 100.

Tabla 3.1: Índices de vulnerabilidad (I_i) y pesos relativos (α_i).

I_i	Vulnerabilidad asociada a:	α_i
I_1	Antigüedad y norma utilizada	0,3
I_2	Tipo estructural	0,2
I_3	Tipo estructural	0,3
I_4	Profundidad del depósito	0,1
I_5	Topografía	0,05
I_6	Grado de Deterioro	0,05

Fuente: (FUNVISIS, 2011)

A continuación se describe cada uno de los parámetros I_i y las consideraciones que determinan su valor:

a.- Índice de Vulnerabilidad asociado a la Antigüedad y Norma empleada. I_1

Este parámetro evalúa la antigüedad de construcción de la edificación así como también la norma empleada para su construcción. En la Tabla 3.2 se presentan los valores asignados a este parámetro para cada periodo de construcción. Es importante señalar que estos periodos están dado en función de los cambios o actualizaciones de las normas empleadas para la construcción de edificios.

Tabla 3.2: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado a la antigüedad I_1 .

Año de Construcción (t)	$t \leq 1939$	$1939 < t \leq 1947$	$1947 < t \leq 1955$	$1955 < t \leq 1967$	$1967 < t \leq 1982$	$1982 < t \leq 1998$	$1998 < t \leq 2001$	$t > 2001$
I_1	100	80	80	100	60	40	15	20

Fuente: Tomada de (FUNVISIS, 2011).

Es importante destacar que el valor de I_1 aumenta o disminuye en función de la antigüedad, sin embargo para el periodo $1955 < t \leq 1967$ las exigencias sismorresistente en la Norma MOP 1955 eran menores a la norma asociada al periodo anterior (FUNVISIS, 2011). En tal sentido, para ese periodo se establece el valor máximo que puede alcanzar I_1 . Para los casos en que un edificio se haya construido con diferentes normas, se asumirá el mayor valor de I_1 .

b.- Índice de Vulnerabilidad asociado al Tipo Estructural. I_2

Este parámetro evalúa el sistema o tipo estructural presente o dominante en cada edificio. Mediante la Tabla 3.3 se evidencian los valores de I_2 en función del tipo estructural observados en los 166 edificios.

Identificación del Tipo Estructural	Descripción	I ₂
PCAP	Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	40
MCA2D	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	10
PA	Pórticos de acero	30
PAD	Pórticos de acero diagonalizados	20
MMNC	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada	100

Tabla 3.3: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado al Tipo Estructural I₂.

Fuente: Adaptado de (FUNVISIS, 2011)

c.- Índice de Vulnerabilidad asociado a la Irregularidad. I₃

Este parámetro persigue alterar la vulnerabilidad propia de cada edificio mediante la identificación de características presentes en las mismas que son consideradas como potenciadoras de una respuesta sísmica desfavorable. De esta manera el valor del parámetro es determinado mediante la suma de los valores asociados a sub-parámetros I_{3j} indicados en la Tabla 3.4 a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 3.2} \quad I_3 = \sum_{i=1}^9 I_{3j}$$

Tabla 3.4: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado a Irregularidades I_{3j} .

j	Descripción de la irregularidad	I_{3j}	
1	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones (AVA)	15	
2	Presencia de al menos un entrepiso blando o débil (EDB)	20	
3	Presencia de columnas cortas (CC)	15	
4	Masas que crecen significativamente con la elevación o esbeltez excesiva vertical	5	
5	Discontinuidad de ejes de columnas (DEC)	15	
6	Aberturas significativas en losas (ASL)	5	
7	Adosamiento a edificio adyacente:	(a) Losa contra losa (ALL)	5
		(b) Losa contra columna (ALC)	10
8	Planta de forma I, H, T, U, C o similar, sin presencia de juntas, o esbeltez excesiva horizontal	5	
9	Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta o Esquemas de elevación del tipo L	10	

Fuente: (FUNVISIS, 2011).

d.- Índice de Vulnerabilidad asociado a la Profundidad del Depósito. I_4

A través de este parámetro se evalúa la profundidad o espesor del depósito donde se ubique la edificación ya que es considerado como un aspecto que genera una respuesta sísmica desfavorable en edificios altos ubicados en depósitos profundos (FUNVISIS, 2011).

El valor de I_4 presenta el valor de 100 si la edificación se ubica en las microzona 5 o 6 y además el edificio debe poseer más de 6 niveles por encima del suelo, de lo contrario el valor de I_4 es igual a cero (0). Para el caso particular de los 166 edificios evaluado, su posición las ubica en la microzona 4 tal como se indicó en la evaluación de la amenaza. En tal sentido el valor asumido para las 166 edificaciones corresponde al valor de cero (0).

MARCO METODOLÓGICO.

e.- Índice de Vulnerabilidad asociado a la Topografía. I_5

Este parámetro evalúa la vulnerabilidad asociada a construcciones hechas en zonas de efectos topográficos importantes como laderas o taludes ubicados cerca. Al igual que el parámetro I_3 , I_5 se determina como la suma de sub-parámetros, en los mismos se valora el ángulo de inclinación de una ladera en caso de que el edificio se ubique sobre o cerca de este, si se ubica en una cima o sima y además valora el drenaje presente en la zona (FUNVISIS, 2011).

La zona estudiada se encuentra en un terreno relativamente plano, razón por la cual se considera una planicie a efectos de evaluar este parámetro, además la zona presenta sistemas de drenaje. Por tanto, el valor de I_5 para todos los edificios evaluados es cero.

f.- Índice de Vulnerabilidad asociado al Grado de Deterioro. I_6

Este parámetro atiende la vulnerabilidad asociada al estado de los elementos estructurales y al estado de mantenimiento de todo el conjunto estructural. El índice I_6 es determinado mediante la suma de los sub-parámetros indicados en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Valores del Índice de Vulnerabilidad asociado al grado de Deterioro. I_6

Componentes	Grado de Deterioro	I_6	
Estructura	(a) Estructura de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales de concreto armado y/o corrosión en acero de refuerzo	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
	(b) Estructura de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo de elementos	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
Paredes	Agrietamiento en paredes de relleno	Severo	20
		Moderado	10
		Ninguno	0
Todos	Estado general de mantenimiento	Bajo	10
		Regular	5
		Bueno	0

Fuente: Tomado de (FUNVISIS, 2011).

MARCO METODOLÓGICO.

Al evaluar cada uno de los parámetro y obtener su valor respectivo se determina para cada edificio el I_v correspondiente. A efecto de establecer el mismo rango de variación de los valores de I_v para cada uno de los métodos estudiados en este trabajo, se incorpora una ligera modificación en la ecuación 3.1 tal como se indica abajo:

$$\text{Ec. 3.3} \quad I_v = (\sum_{i=1}^6 \alpha_i * I_i) / 100$$

Esta modificación permite que el Índice de Vulnerabilidad varíe teóricamente entre 0 (Sin vulnerabilidad) y 1 (totalmente vulnerable) ya que 100 (cien) corresponde al máximo valor teórico que puede asumir I_v .

3.6.2.2. Estimación de Priorización presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).

Luego de la evaluación del riesgo sísmico sobre los edificios de la Parroquia Catedral, se busca establecer un Índice de Priorización I_p que caracterice la condición de atención y prioridad. Este Índice viene asociado al riesgo sísmico de la edificación y a un Índice de Importancia I_i dado en función de la cantidad de ocupantes y el uso de cada edificio. (FUNVISIS, 2011).

La determinación de I_p viene dado por la tabla 3.7, siendo “N” el número de ocupantes y donde A1, A2 y A3 corresponde a la clasificación del uso de la edificación dado en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Clasificación según el uso de la edificación.

Grupo	Uso del edificio
A1	Hospitales y centros de salud, estaciones de bomberos y de protección civil.
A2	Cuarteles de policía, edificios de asiento del gobierno local, regional o nacional, edificios educacionales, construcciones patrimoniales de valor excepcional, centrales eléctricas, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones, plantas de bombeo, depósitos de materias tóxicas o explosivas y centros que utilicen materiales radioactivos, torres de control, centros de tráfico aéreo. Edificaciones que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas económicas. Edificios que contienen objetos de valor excepcional, como ciertos museos y bibliotecas. Edificaciones que puedan poner en peligro algunas de las de los Grupos A1 y A2.
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. Tomada de (FUNVISIS, 2011).

Tabla 3.7: Valores del Índice de importancia I_I .

Uso del Edificio	$N \leq 10$	$10 < N \leq 100$	$100 < N \leq 500$	$500 < N \leq 1000$	$N > 1000$
A1	0,90	0,92	0,95	0,97	1,00
A2	0,85	0,87	0,90	0,93	0,95
A3	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90

Fuente: Tomado de (FUNVISIS, 2011)

El Índice de priorización se determina mediante la expresión: $I_P = I_R * I_I$.

3.6.2.3. Estimación de Vulnerabilidad Mediante el Método Italiano.

Este método ha sido aplicado en muchos estudios de riesgo sísmicos y permite estimar la vulnerabilidad de un edificio de Mampostería no Reforzada o Edificios de Concreto Armado con el análisis de once (11) parámetros.

Para el caso específico de este trabajo, el método ha presentado ciertas simplificaciones debido a la ausencia de datos en los levantamientos e inventario que permiten la aplicación original del método, sin embargo se mantuvo la esencia del mismo conservando la estructura de evaluación como los factores de ponderación. Igualmente el método presenta una adaptación en los rangos de valores de Vulnerabilidad, dicha adaptación permite que los Índices de Vulnerabilidad obtenidos en cada uno de los edificios varíen en un rango de 0 a 1.

Este Método, propuesto por investigadores italianos en el año de 1982, fue desarrollado a partir de información obtenida de daños observados en edificio por terremotos desde 1976 en Italia (Hérrandez, 2002). Originalmente fue propuesto para edificios de mampostería no reforzada pero a posterior se obtuvo una versión para edificios de concreto armado (Aguar Falconi & Bolaños, 2006).

A diferencia del método FUNVISIS, el método Italiano trata solo dos tipologías estructurales, las de concreto armado y las de mampostería no reforzada diferenciando de esta manera para ambas tipologías, la determinación del Índice de Vulnerabilidad I_v .

Este método evalúa 11 parámetros, los cuales tienen asociado un valor a partir de una calificación previa donde “A” es óptimo y “D” es desfavorable. En las Tablas 3.8 y 3.9 se presentan los valores referentes a los 11 parámetros para las construcciones en mampostería no reforzada y concreto armado respectivamente.

Tabla 3.8: Valores correspondientes a los parámetros para la determinación del I_v por el método Italiano para construcciones de mampostería no reforzada.

i	Parámetro	K_{iA}	K_{iB}	K_{iC}	K_{iD}	W_i
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1,00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0,25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1,50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0,75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1,00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0,50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1,00
8	Conexión entre elementos críticos	0	5	25	45	0,25
9	Elementos con baja ductilidad	0	15	25	45	1,00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0,25
11	Estado de conservación	0	15	25	45	1,00

Fuente (Hernández, 2002):

Así como el método presenta un cuadro de puntajes distinto para cada tipología estructural, también presenta una ecuación diferente. En el caso de construcciones de mampostería no reforzada la ecuación asociada a la Tabla 3.8 viene dada por:

$$\text{Ec. 3.4} \quad I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

Donde K_i representa el coeficiente de calificación y W_i representa el peso de cada parámetro. Los valores a través de esta ecuación varían en un rango de 382,5 (muy vulnerable) a 0,00 (no vulnerable), (Hernández, 2002).

A efectos de manejar valores en el mismo rango con los otros métodos estudiado en este Trabajo Especial de Grado, se presenta un ajuste a la ecuación 3.4, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Ec. 3.5} \quad I_v = 2 \cdot \frac{\left(\sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i \right)}{770}$$

MARCO METODOLÓGICO.

Esta ecuación permite obtener valores de I_V que varíen de 1,00 (totalmente vulnerable) a 0,00 (no vulnerable) manteniendo los valores establecidos en la tabla 5.17

Tabla 3.9: Valores correspondientes a los parámetros para la determinación del I_V por el método Italiano para construcciones de concreto armado.

i	Parámetro	K_{iA}	K_{iB}	K_{iC}	W_i
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4,0
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1,0
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1,0
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1,0
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1,0
6	Configuración en planta	0	1	2	1,0
7	Configuración en elevación	0	1	3	2,0
8	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1,0
9	Elementos con baja ductilidad	0	1	2	1,0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1,0
11	Estado de conservación	0	1	2	1,0

Fuente: (Hernández, 2002) y (Aguilar Falconi & Bolaños, 2006)

De forma similar para la determinación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica en edificio de concreto armado se evalúan los mismo 11 parámetro, pero a diferencia de la tabla 3.8 para mampostería no reforzada, la tabla 3.9 presenta tres calificaciones en vez de cuatro, además de presentar valores distintos. Una vez evaluado los parámetros se efectúa una suma ponderada para el cálculo de I_V mediante la siguiente expresión:

Ec. 3.6

$$I_V = 100 \cdot \frac{\left(\sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i \right) + 1}{34}$$

Mediante la expresión anterior el máximo valor a obtener para I_V es de 94,12 (muy vulnerable) y valor mínimo de 0,00 (no vulnerable), a efecto de normalizar el rango de variación para I_V al igual que para mampostería no reforzada, se emplea en el cálculo de I_V para las edificaciones en estudio la siguiente expresión:

MARCO METODOLÓGICO.

$$\text{Ec. 3.7} \quad I_v = 100 \cdot \frac{\left(\sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i \right) + 1}{3200}$$

3.6.2.3.1. Descripción de los parámetros en la evaluación del I_v para el método Italiano.

A continuación se presenta el análisis de cada uno de los parámetros involucrado en la determinación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica por el método Italiano, en cada parámetro se describe el posible coeficiente de calificación que pudiese adoptar para ambas tipologías estructurales así como también las características sismorresistente evaluadas asociadas a cada parámetro.

La evaluación de estos parámetros se efectúa de manera simplificada, atendiendo en tal sentido a las características obtenidas de las edificaciones y reportadas en la base de datos mostrada en el Anexo “C”. A diferencia de otros estudios (Hérmendez, 2002), (Caballero, 2007) y (Aguiar Falconi & Bolaños, 2006) la evaluación realizada en el presenta trabajo se limita a la información recopilada mediante las planillas de inventario incluidas en el Anexo “A”

a.- Parámetro 1. Organización del sistema resistente.

Para las construcciones de mampostería no reforzada se realiza una evaluación de la organización del sistema resistente vertical (Hérmendez, 2002), para los casos evaluados en la Parroquia Catedral, se establece una calificación “D” a todas aquellas construcciones de mampostería no reforzada de carácter religioso que poseen en sus fachadas alguna torre o elemento que sobresalga del resto de la estructura. Serán calificadas como “C” todas las construcciones restantes para esta tipología.

En caso de las construcciones de concreto armado se evalúa el tipo estructural presente en la edificación, se califica como “A” a todos aquellos edificios que involucren muros de concreto armado en una o dos direcciones, mientras que se califica como “B” a las

MARCO METODOLÓGICO.

edificaciones que presenten pórticos de concreto armado en dos direcciones rellenos de muros de mampostería. Para la calificación “C” quedaran aquellos edificios con pórticos de concreto armado que presente ausencia de vigas altas en una o dos direcciones.

b.- Parámetro 2. Calidad del sistema resistente.

La evaluación de este parámetro está estrechamente relacionada a la antigüedad del edificio, para el caso de edificios de mampostería no reforzada son calificada como “D” las construcciones hechas antes de 1939, mientras que las construidas en el periodo de 1940-1947 son calificadas como “C”, la calificación “B” corresponde a las construidas en el periodo 1948-1955. Para esta tipología no se contempla la calificación A para ninguna edificación.

Para el caso de las construcciones de concreto armado se procede de manera similar, las edificaciones construidas antes del año 1967 son calificadas como “C”, para las comprendidas en el periodo de 1967-1982 son calificadas como “B”, mientras que para años superiores al periodo anterior la calificación correspondiente en de “A”.

c.- Parámetro 3. Resistencia convencional.

De acuerdo a aplicaciones de este método en los estudios de (Hernandez, Evaluación del Riesgo Sismico, 2002) y (Aguiar Falconi & Bolaños, 2006), la evaluación de este parámetro requiere de cálculos simplificados para determinar una razón entre el cortante actuante y el cortante resistente, por tanto para la evaluación de este parámetros la Norma COVENIN 1756-2001 (COVENIN, 2001) establece conocer ciertas características de la estructura que no pudieron ser obtenidas a través de las inspecciones. En tal sentido la evaluación de este parámetro está asociada a periodos de años donde sea hayan efectuados cambios normativos importantes los cuales garanticen en buena medida un comportamiento sismorresistente de la edificación. Para el caso de las construcciones de mampostería no reforzada todas presentaran una calificación “D” mientras que para los edificios de concreto armado construidas antes de 1967 presentan una calificación de “C”, para las construidas en el

MARCO METODOLÓGICO.

periodo de 1967-1982 son calificadas como “B”, la calificación “A” corresponde a los edificios hechos desde 1983 a la actualidad.

d.- Parámetro 4. Posición del edificio y cimentación.

La estimación de este parámetro para este trabajo comprende la evaluación de los espesores de sedimentos establecidos en el PMZS-CCS (FUNVISIS, 2009) presente para cada edificación y los efectos topográficos. Para la tipología estructural de mampostería no reforzada son calificados como “D” aquellos edificios ubicado en planicie y en la microzona 5 o 6 mientras que para las ubicadas en planicie y en la microzona 4 o 3 la calificación “C”. Conociendo la ubicación de los 166 edificio evaluados se establece para esta tipología que todas las calificaciones recaen en “C”, por esta razón las calificaciones “A” y “B” no fueron contempladas en esta evaluación. De igual manera ocurre para los edificios de concreto armado, donde la calificación “C” corresponde para los edificios ubicados en la microzona 5 o 6 y “B” para los ubicados en la microzona 4 o 3. Al igual que para el caso de edificios de mampostería no reforzada la calificación de este parámetro en las construcciones de concreto armado siempre será “B”, por esta razón igualmente, no se contempla la calificación “A”.

e.- Parámetro 5. Diafragmas horizontales.

Para ambas tipologías la calidad del esquema resistente de piso presenta una notable importancia al influir en el buen funcionamiento de los elementos verticales. Una configuración no aceptable de estos podría causar el desarrollo de un mecanismo de fallas con características de reacción en cadena (Hérrandez, 2002).

La evaluación de este parámetro en el presente trabajo, viene dada por la identificación del tipo de entrepiso en los edificios. Para las construcciones de mampostería no reforzada son calificadas como “D” todas aquellas edificaciones que presenten abertura significativa en losa o cuyo entre piso presente una baja resistencia, como los techos de asbesto/zinc o un entrepiso de madera. La calificación “C” corresponde a aquellos sistemas abovedados y para aquellos

MARCO METODOLÓGICO.

entrepisos cuyas vigas sean de metal o presenten alguna malla de acero con mortero y concreto la calificación es “B”, para esta tipología no se contempla la calificación “A”.

En las construcciones de concreto armado la presencia de abertura significativa en losa, de techos de asbesto/zinc, entepiso de madera o empleo de vigas del mismo material es calificado como “C”, mientras que para losas apoyadas sobre columnas, losas de concreto armado armadas en una dirección y entepisos de láminas de acero colaborante corresponden a la calificación “B”. Son calificadas como “A” la presencia de losas de concreto armado en dos direcciones o losas pretensadas.

f.- Parámetro 6. Configuración en planta.

Este parámetro viene asociado a la proyección en planta que presentan los elementos estructurales de una edificación, la forma y disposición de esto son determinantes en su comportamiento ante excitaciones sísmicas (Hérrandez, 2002), una configuración irregular presentaría en la estructura problemas torsionales, originando de esta manera en una falla frágil (Aguilar Falconi & Bolaños, 2006). La configuración, sencillez y alineación del sistema resistente a sismos de una estructura, es tan importante como las fuerzas laterales de diseño. (Caballero, 2007).

La evaluación para construcciones de mampostería no confinada califica como “D” a las configuraciones en planta (CP) de la forma “H”, “T”, “U” y “L”. Aquellas construcciones que presenten esbeltez horizontal o su CP sea del tipo “O”, la calificación es “C”, mientras que las plantas rectangulares son calificadas como “B” y las cuadradas como “A”.

En edificios de concreto armado son calificadas como “C” las configuraciones en forma de “H”, “T”, “U” y “L”, mientras que para la presencia de esbeltez horizontal o una CP de forma “O” la calificación corresponde a “B”. La calificación “A” recae sobre aquellos edificios cuya CP es de forma cuadrada o rectangular.

g.- Parámetro 7. Configuración en elevación.

La calificación más deficiente en construcciones de mampostería no confinada viene dada por la presencia de grandes torres, o un importante aumento en el área de planta en pisos superiores, para esta condición se asigna la calificación “D”, para el caso de presentar una configuración en elevación (CE) en forma de “L” o “U” la calificación corresponderá a “C”. Adoptarán la calificación “B” aquellas que presenten forma piramidal y como “A” aquellas que seas completamente rectangulares.

En el caso de edificios de concreto armado calificaran como “C” aquellos edificios cuya configuración en elevación corresponda a la forma de pirámide invertida o en forma “T”. Aquellas edificaciones que presenten esbeltez vertical o su configuración en elevación sea de la forma “L” o “U” les corresponde la calificación “B”, mientras que para aquellos edificios que presenten una configuración en forma rectangular o piramidal son calificados como “A”.

h.- Parámetro 8. Conexión entre elementos críticos.

Este parámetro resalta la necesidad de que el proceso constructivo coincida con los supuestos realizados en el análisis o cálculo estructural (Aguiar Falconi & Bolaños, 2006). Para ambas tipologías estructurales no se cuenta con la información necesaria para la evaluación de este parámetro, por tanto se ha decidido asumir que se cumplieron los criterios de diseño acordes a la época de construcción. De esta manera tanto para las construcciones de mampostería no reforzada como para las edificaciones de concreto armado la calificación en este parámetro corresponde a “A”.

i.- Parámetro 9. Elementos con baja ductilidad.

Básicamente este parámetro se refiere a la presencia o no de columnas cortas (Aguiar Falconi & Bolaños, 2006). Para construcciones de mampostería no reforzada constituido principalmente de muros, califican como “D”, para las construcciones que presenten columnas con alguna restricción en su altura califican como “C” mientras que para aquellas que no la

MARCO METODOLÓGICO.

posean califican como “B”. La calificación “A” para este tipo estructural no está contemplada en el parámetro.

En estructuras de concreto de concreto armado esta evaluación se simplifica un poco, asignando la calificación de “C” a la presencia de alguna restricción en la altura de las columnas y para aquellas edificaciones que no la presenten les corresponderá la calificación de “A”. La calificación “B” no está contemplada en esta tipología para este parámetro.

j.- Parámetro 10. Elementos no estructurales.

La evaluación de este parámetro toma en cuenta los elementos que no forman parte del esquema estructural de la edificación si no a aquellos elementos que sobresalgan del edificio o represente un peligro colateral (Hérrandez, 2002). En estructuras de mampostería no reforzada la presencia en fachada de antepechos y balcones califican como “D” si solo posee balcones califica como “C”, mientras que si solo presenta antepecho califica como “B”, para aquellos casos en los que la estructura no presente ningún elemento adosado en fachada la calificación corresponderá a “A”.

De manera similar ocurre para estructuras de concreto armado, donde la presencia de balcones y jardineras califican como “C” mientras que para la presencia de paneles de vidrio, ventanas de vidrio o recubrimiento de tablillas la calificación correspondiente es “B”. La calificación “A” corresponde a la sola presencia de friso y pintura o mosaicos o cualquier otro elemento que no represente ningún peligro colateral.

k.- Parámetro 11. Estado de conservación.

La evaluación de este parámetro permite calificar de una manera visual la presencia de desperfectos en elementos estructurales y no estructurales así como también estimar el grado de daño o deterioro de forma general de las edificaciones estudiadas. En estructuras de mampostería no reforzada la presencia de un bajo mantenimiento se califica como “D”, para

MARCO METODOLÓGICO.

un mantenimiento regular se califica como “C”, mientras que para un mantenimiento bueno se califica como “B”. La calificación “A” para esta tipología no está contemplada.

En estructuras de concreto armado se califica al mantenimiento bajo como “C”, en cambio para un mantenimiento regular la calificación es “B” y para un mantenimiento bueno se califica a la edificación como “A”.

En las Tablas 3.10 y 3.11 se presenta en resumen para cada tipología respectivamente, las características estudiadas en la evaluación de cada uno de los parámetros, además de las calificaciones posibles y las características involucradas para su determinación.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO METODOLÓGICO

	MAMPOSTERÍA NO REFORZADA				
	A	B	C	D	
1 Organización del Sistema Resistente	Se evalúa: Tipos Elem. Estruct. Tipo de Construcción	-	Restantes	Iglesias	
2 Calidad del Sistema Resistente	Se evalúa: Año de Construcción	1948-1955	1940-1947	Antes 1939	
3 Resistencia Convencional	Se evalúa: Consideraciones Sismorresistente en la Const. (Período de años)	-	-	Todas	
4 Posición del Edificio y Cimentación	Se evalúa: Tipo de Suelo Pendiente del Terreno Profundidad del Depósito	Roca	Terreno Artificial o Relleno	Terreno Artificial o Relleno	
5 Diafragmas Horizontales	Se evalúa: Irregularidad Tipo de Losa o Techo	Plancie	Plancie	Plancie	
		-	Microzona 3 y 4	Microzonas 5 y 6	
6 Configuración en Planta	Se evalúa: Configuración en Planta Irregularidad en Planta	Cuadrada	Vigas de Metal o Concreto	Abertura Sig. en Losa	
			Rectangular	Bovedas	Techos de Asbesto/Zinc/Madera
				Esbeltez Horizontal	Abertura Sig. en Losa
			Forma O	Forma H, T, U o L	

Tabla 3.10: Resumen de características evaluadas en edificios de Mampostería no Reforzada para el Método

Italiano.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO METODOLÓGICO

		MAMPOSTERÍA NO REFORZADA				
		A	B	C	D	
7	Configuración en Elevación	Se evalúa: Configuración en Elevación Irregularidad en Vertical	Rectangular	Piramidal	Forma L o U	Forma T Pirámide Invertida
8	Conexión Entre Elementos Críticos	Se evalúa: Cumplimientos de Criterios de Diseño para el Periodo de su Construcción	Todos	-	-	-
9	Elementos con Baja Ductilidad	Se evalúa: Columnas Cortas	-	Ausencia de Columnas Cortas	Presencia de Columnas Cortas	Solo Muros de Mampostería
10	Elementos No Estructurales	Se evalúa: Recubrimiento en Fachada Elementos Adosados en Fachada	No Hay	Antepechos	Balcones	Antepechos y Balcones
11	Estado de Conservación	Se evalúa: Grado Mantenimiento Nivel de Deterioro	-	Bueno	Regular	Bajo

Continuación tabla 3.10: Resumen de características evaluadas en edificios de Mampostería no Reforzada para el Método Italiano. Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO METODOLÓGICO

		CONCRETO ARMADO		
		A	B	C
1	Organización del Sistema Resistente	Se evalúa: Tipos Elem. Estruct. Tipo de Construcción	Muros de Concreto Armado	Pórticos de Concreto Armado Rellenos de Muros Ausencia de Vigas Altas
2	Calidad del Sistema Resistente	Se evalúa: Año de Construcción	1983-actual	Antes de 1967
3	Resistencia Convencional	Se evalúa: Consideraciones Sismorresistente en la Const. (Período de años)	1983-Actualidad	Antes de 1967
4	Posición del Edificio y Cimentación	Se evalúa: Tipo de Suelo	Roca	Terreno Artificial o Relleno
		Pendiente del Terreno	Suelo Duro/Denso	
		Profundidad del Depósito	Planicie	
5	Diafragmas Horizontales	Se evalúa: Irregularidad	Planicie	Abertura Significativa en Losa
		Tipo de Losa o Techo	Microzona 3 y 4	
			Losa Apoyada en Columnas	
6	Configuración en Planta	Se evalúa: Configuración en Planta	Losa de Concreto en 1 Direc.	Techos de Asbesto/Zinc/Madera
		Irregularidad en Planta	Lámina de Acero Colaborante	
			Esbeltez Horizontal	
			Forma O	Forma H, T, U o L

Tabla 3.11: Resumen de características evaluadas en edificios de Concreto Armado para el Método

Italiano. Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MARCO METODOLÓGICO

		CONCRETO ARMADO		
		A	B	C
7	Configuración en Elevación	Se evalúa: Configuración en Elevación Irregularidad en Vertical	Rectangular Piramidal	Forma T Pirámide Invertida
8	Conexión Entre Elementos Críticos	Se evalúa: Cumplimientos de Criterios de Diseño para el Periodo de su Contrucción	Todos	-
9	Elementos con Baja Ductilidad	Se evalúa: Columnas Cortas	Ausencia de Columnas Cortas	Presencia de Columnas Cortas
10	Elementos No Estructurales	Se evalúa: Recubrimiento en Fachada Elementos Adosados en Fachada	Friso y Pintura Mosaicos	Ventanas de vidrio Tablillas Paneles de Vidrio Jardineras
11	Estado de Conservación	Se evalúa: Grado Mantenimiento Nivel de Deterioro	Bueno	Regular Bajo

Continuación tabla 3.11: Resumen de características evaluadas en edificios de Concreto Armado para el Método Italiano. Fuente: elaboración propia.

3.6.2.4. Estimación de Vulnerabilidad Mediante el Método FEMA (2002).

Se ha denominado Método FEMA (2002) a la evaluación de las características sismorresistente de las edificaciones a través de los parámetros establecidos en la planilla del FEMA-154 denominada Evaluación Rápida Visual de Edificaciones en Riesgo Sísmico Potencial. Mediante, esta planilla busca evaluar la confiabilidad de las edificaciones asignándole un puntaje base a las diferentes tipologías estructurales existentes. En la tabla 3.12 se presentan los puntajes asignados a las diferentes tipologías estructurales encontradas en las inspecciones realizadas a los edificios de la Parroquia Catedral.

Tabla 3.12: Puntajes base de confiabilidad Método FEMA.

Planilla FEMA-154			Planilla de Inventario de Edificios	
Identificación	Tipo de Construcción	Puntaje Inicial	Identificación	Tipo de Construcción
C2	Muros de concreto a corte	2,8	MCA	Muros de Concreto Armado
C3	Pórticos de Concreto Rellenos de Mampostería No Reforzada	1,6	PCAP	Pórticos de Concreto Armado Rellenos con Bloques
S1	Pórticos de Acero Resistentes a Momentos	2,8	PA	Pórticos de Acero
URM	Mampostería No Reforzada	1,8	MMNC	Muros de Mampostería No Confinada

Fuente: adaptado de (FEMA, 2002).

Es importante destacar que la evaluación de confiabilidad por medio de este método viene dada para tres zonas sísmicas mediante la incorporación de puntajes base diferentes en la planilla FEMA-154, clasificando las planillas para baja, moderada y alta sismicidad. Por tanto los puntajes base indicados en la tabla 3.12 corresponden a la planilla de alta sismicidad (Ver Anexo A).

MARCO METODOLÓGICO

La evaluación de confiabilidad se hace en base de la asignación de puntajes modificadores, los cuales varían dependiendo de los parámetros incorporados en la evaluación del método y también de la tipología estructural que presente el edificio. Estos puntajes originalmente pueden variar entre valores positivos y valores negativos, por tanto se procedió a realizar un incremento tanto en los puntajes base como en los puntajes modificadores para que el rango de confiabilidad varíe en valores positivos. Además, con la finalidad de evaluar la confiabilidad estructural de los edificios en un rango que varíe de cero (no confiable) a 1 (totalmente confiable) se procedió a determinar el valor máximo probable de confiabilidad, y dividir este valor final entre el máximo obtenido. En la tabla 3.13 se muestran las modificaciones antes descritas.

A fines de poder evaluar la vulnerabilidad presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral por medio de este método, se ha adoptado al valor de confiabilidad como un Índice de Confiabilidad I_C que representa el complemento de la vulnerabilidad. Por tanto se determina para este método el Índice de Vulnerabilidad presente en cada edificación con la siguiente expresión: $I_V = 1 - I_C$

Se tiene entonces, que para valores bajos de confiabilidad I_C se obtiene valores altos de vulnerabilidad I_V y viceversa.

De igual manera a los métodos anteriormente tratados, los valores de I_V para el Método FEMA (2002) oscilan en un rango de 0 (no vulnerables) a 1 uno (totalmente vulnerable)

Tabla 3.13: Puntajes modificados para la determinación de I_C

		MCA	PCAP	PA	MMNC
Parámetro / Puntaje Inicial		3,0	1,8	3,0	2,0
Edificios de Mediana Altura		0,6	0,4	0,4	0,2
Edificios de Gran Altura		1,0	0,5	0,8	0,2
Irregularidad Horizontal		-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Irregularidad Vertical		-0,8	-0,8	-0,8	-0,8
Pre-Norma 1967		-0,8	0,0	-0,8	0,0
Post-Norma 1967		2,6	0,2	1,6	0,2
Tipo de suelo (microzona 3 y 4)		-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Tipo de suelo (microzona 5 y 6)		-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
I_C	Más Favorable	6,4	2,3	5,2	2,2
	Menos Favorable	1,3	0,7	1,1	0,7
$I_{C\ mod}$	Más Favorable (Modificado)	1,00	0,36	0,81	0,34
	Menos Favorable (Modificados)	0,20	0,11	0,17	0,11
I_V	Más Favorable (Modificado)	0,00	0,64	0,19	0,66
	Menos Favorable (Modificados)	0,80	0,89	0,83	0,89

Fuente: adaptado de (FEMA, 2002)

3.6.2.4.1. Descripción de los parámetros en la evaluación del I_V para el Método FEMA (2002).

Los parámetros contemplado para la evaluación de este método corresponden a los descritos en el Manual de Evaluación Rápida Visual de Edificaciones en Riesgo Sísmico Potencial (FEMA, 2002). Se ha efectuado una traducción del contenido expuesto en el mismo a fin de presentar los aspectos más relevantes que se encuentren enmarcados a la información obtenida mediante las inspecciones.

El primer parámetro a evaluar mediante este método corresponde a la altura del edificio. La clasificación dada al mismo establece edificios de mediana altura y de gran altura, en tal sentido se consideran edificios de mediana altura, aquellos cuyos niveles por encima del suelo se encuentra entre 4 y 7 niveles, para niveles mayores a 7 pisos se califica al edificio como de gran altura, (FEMA, 2002). Los edificios con niveles inferiores a 4 pisos no son contemplado para este método y por tanto su puntaje modificado corresponde a cero.

Seguidamente se evalúa las irregularidades presentes en la estructura, para el caso de la configuración en planta, se considera una irregularidad horizontal la presencia de esbeltez horizontal, Formas en “H”, “T”, “L”, “O” o cualquier otra que se aleje de las formas cuadradas o rectangulares en planta. Para la configuración en elevación se considera una irregularidad vertical la presencia de esbeltez vertical, formas en T, L, U, aumento de planta o masa a medida que aumenta la altura. (FEMA, 2002) y (COVENIN, 2001).

La evaluación del año de construcción a través de este método se da para cambios normativos representativos. Haciendo referencia al sismo ocurrido en Caracas para el año 1967, se establecen dos periodos de evaluación para los edificios construidos bajo normativas antes de la ocurrencia de este evento sísmico al igual que para los edificios construidos bajo normativas luego de la ocurrencia del sismo de 1967.

Por último, la evaluación del tipo de suelo tal como lo establece el Manual de Evaluación Rápida Visual de Edificaciones en Riesgo Sísmico Potencial (FEMA, 2002) se da para la clasificación dada dentro del mismo. Sin embargo para la evaluación de los edificios de la Parroquia Catedral, se contempla el espesor del depósito donde estos se ubique, de tal manera que la clasificación dada para este parámetro en esta investigación, corresponde al PMZS-CCS, diferenciando los depósitos con profundidad mayor a 120 metros (microzona 6 y 5) y los depósitos cuya profundidad sea inferior a 120 metros (microzona 3 y 4).

3.6.3. Estimación de los Índices de Riesgo Sísmico.

Una vez obtenidos los índices de amenaza para cada escenario y los Índices de Vulnerabilidad por los tres métodos antes mencionados, se procede al cálculo de los Índices de Riesgo Sísmico I_R .

Como el estudio contempla tres escenarios de amenaza y tres I_v , se obtendrán tres I_R por cada escenario, o lo que es lo mismo, nueve (9) escenarios de Riesgo Sísmico.

3.6.4. Representación de Escenarios de Riesgo Sísmico.

Con el empleo del GIS, se ha de representar los escenarios de Riesgo, los cuales viene asociados a los escenarios de Amenaza Sísmica y a los resultados de vulnerabilidad presente en las edificaciones. De esta manera se presentan comparaciones entre los diversos resultados, además de presentar tablas y gráficos comparativos que evalúan de forma global la zona estudiada además de identificar los edificios que representa un riesgo latente ante un posible evento sísmico.

Como parte de la propuesta de un plan de gestión local de riesgo sísmico, en el presente trabajo se realizó un censo pocos discretos sobre la condición de preparación y conocimientos que presentan los habitantes de la zona estudiada ante un evento sísmico. Tales estadística, en conjunto con los resultados de los escenarios de riesgo sísmico han facilitado en buena medida la elaboración de este plan, que tiene como fin primordial, establecer lineamientos que puedan ser tomados en consideración por la comunidad de la Parroquia Catedral antes, durante y después de un sismo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES

La metodología a emplear para el cálculo de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de las edificaciones depende fundamentalmente de los datos que se tenga de la población a estudiar. A través de la Planilla de Inspección de Edificios y el Complemento, descritos en el capítulo III, se logró crear una base de datos de la muestra estudiada, en la cual se consigue visualizar las características para cada uno de los edificios que se tomaron en cuenta dentro del área en estudio, es decir, la Parroquia Catedral (ver Anexo C). Sin embargo, en el Anexo E se podrá revisar las tablas y gráficos referentes a los servicios con los que cuentan las edificaciones evaluadas y así tener un mejor detalle de esta característica.

En el presente capítulo se muestran y analizan, por medio de tablas, gráficos y mapas temáticos, los datos que se consideran más relevantes dentro de la Planilla de Inspección de Edificios y el Complemento, debido a su importancia en el cálculo de la vulnerabilidad y riesgo sísmico. Sin embargo, los datos que no son presentados en este capítulo se incorporaron de igual manera al Sistema de Información Geográfica, para tener la mayor cantidad de información posible de los edificios que fueron estudiados. Además, éstos tienen una participación indirecta en los análisis y resultados finales y se consideran necesarios para generar los lineamientos para un plan de gestión local de riesgo sísmico.

4.1. DISTRIBUCIÓN NUMÉRICA, PORCENTUAL Y ESPACIAL DE LOS DATOS MÁS RELEVANTES LEVANTADOS CON LA PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICIOS Y EL COMPLEMENTO.

4.1.1. Distribución de los edificios por sistema estructural.

Dentro de la zona de estudio se evaluaron diversos tipos de sistema estructural, sin embargo, de los once (11) presentes en la Planilla de Inspección y el Complemento sólo se observaron cuatro (4) tipos. En la tabla 4.1 y la figura 4.1 se visualizan los cuatro (4) tipos de

sistemas estructural mencionados anteriormente, compuestos por muros de concreto armado en dos direcciones (MCA2D), pórticos de concreto armado con paredes (PCAP), pórticos de acero (PA) y muro de mampostería no confinada (MMNC).

Tabla 4.1 Distribución numérica de las edificaciones por sistema estructural.

Sistema estructural	Signo	Cantidad de edificios
Muros de Concreto Armado en Dos Direcciones	MCA2D	4
Muros de Mampostería No Confinada	MMNC	26
Pórticos de Acero	PA	13
Pórticos de Concreto Armado	PCAP	123

Fuente: Elaboración propia.

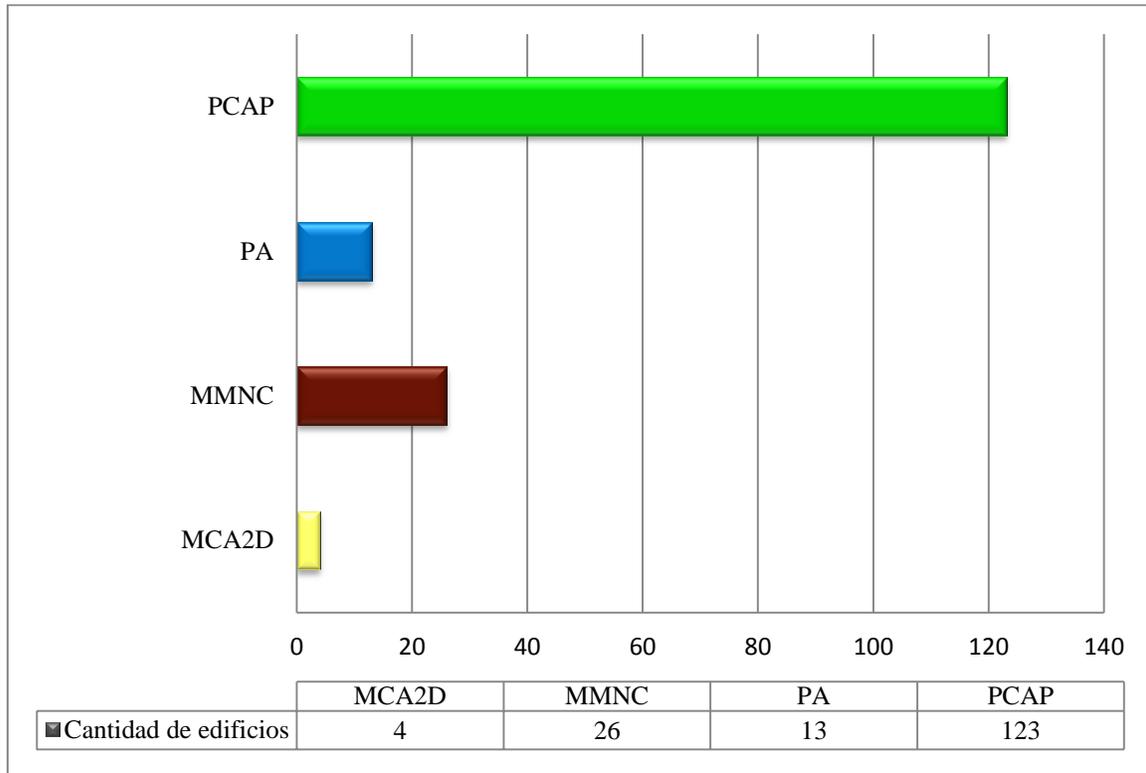


Figura 4.1 Distribución numérica de los edificios por sistema estructural. Fuente: Elaboración propia.

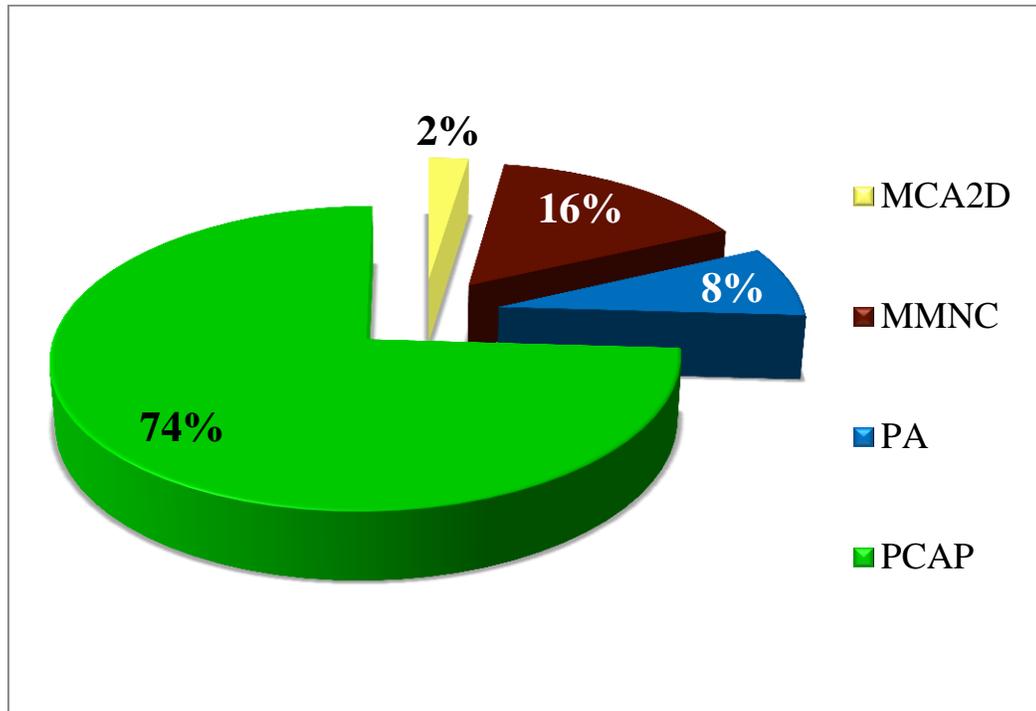


Figura 4.2 Distribución porcentual de los edificios por sistema estructural. Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.2 muestra la distribución porcentual de los edificios por sistema estructural. Se puede observar que el de mayor presencia (con un 74%) es el sistema estructural compuesto por pórticos de concreto armado con paredes (PCAP), lo que equivale a ciento veintitrés (123) edificios dentro de la muestra estudiada, luego le sigue el de muros de mampostería no confinada (MMNC) con un 16 %. En menor proporción se encuentran los edificios construidos con pórticos de acero (PA) y muros de concreto armado en dos direcciones (MCA2D), con un 8% y 2% respectivamente.

Por otro lado, según la figura 4.3, la ubicación espacial de los sistemas estructurales es bastante heterogénea, sin embargo hacia las adyacencias de la Av. Urdaneta el sistema predominante es el de pórticos de concreto armado.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES

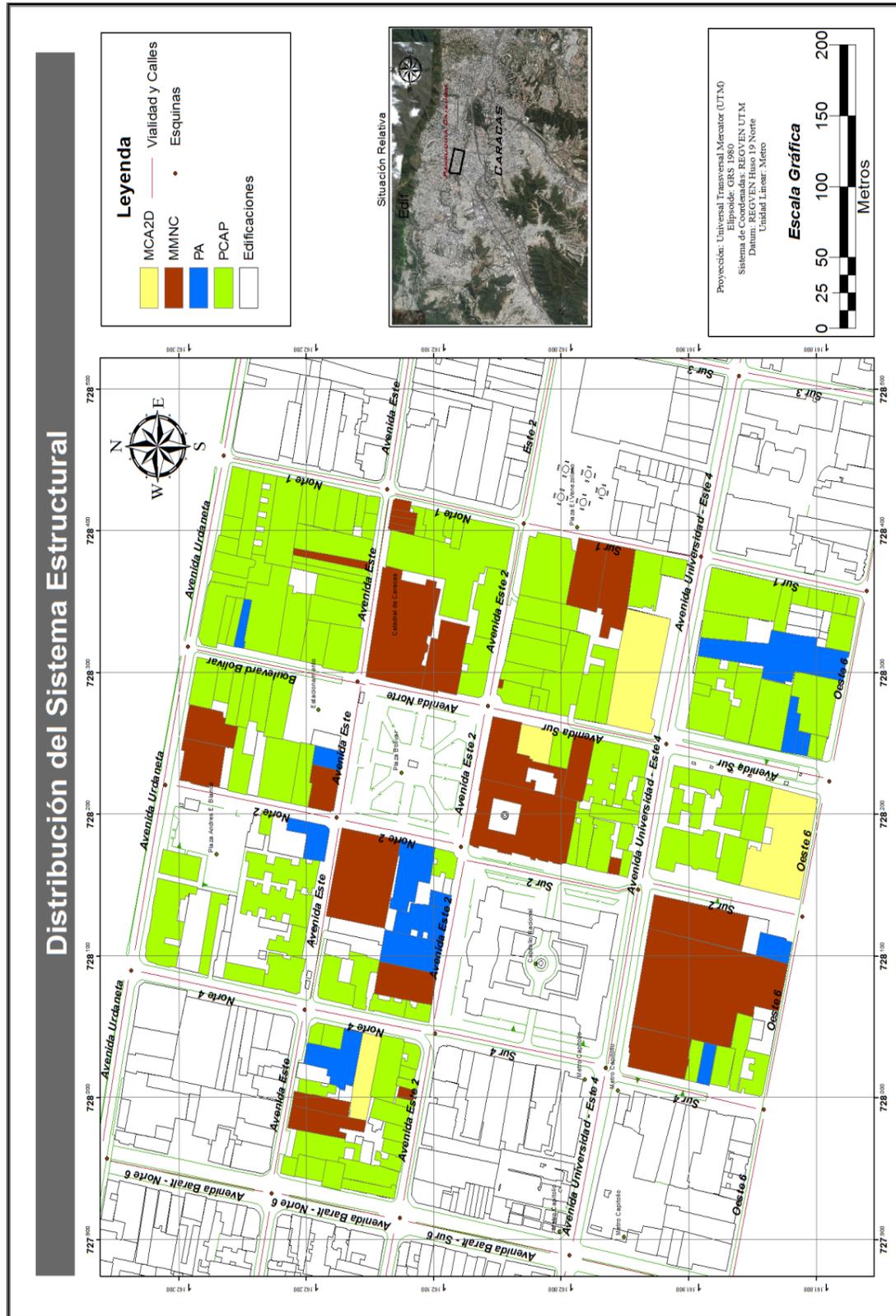


Figura 4.3 Distribución espacial de los edificios por sistema estructural. Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Distribución de los edificios según su configuración en planta.

La figura 4.5, muestra en la distribución porcentual de los edificios en base a su configuración en planta que el de mayor peso lo tiene la forma rectangular-cuadrada con un 77%, lo cual dentro de la muestra estudiada corresponde a ciento dieciséis (116) edificios. En la figura 4.6 se observa que dichos edificios están distribuidos dentro de toda el área que se trabajó.

En segundo lugar tenemos edificios con un 11%, que no presentan una configuración en planta específica, por lo que se les atribuye en ésta característica “ninguno”. Luego están los edificios que presentan una esbeltez horizontal en planta, sumando un 10% del total analizado.

Los edificios con forma en planta de H, L y U son los que menos se encuentran dentro de los edificios estudiados (Figura 4.4), con una participación menor del 5% cada uno. Y si se visualiza en la figura 4.6 una ubicación dispersa de las configuraciones en planta presentadas en las edificaciones estudiadas.

Tabla 4.2 Distribución numérica de las edificaciones según su configuración en planta.

Esquema en planta	Cantidad de edificios
Esbeltez horizontal	17
Forma H	2
Forma L	6
Forma rectangular-cuadrada	116
Forma U	7
Ninguno	18

Fuente: Elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES

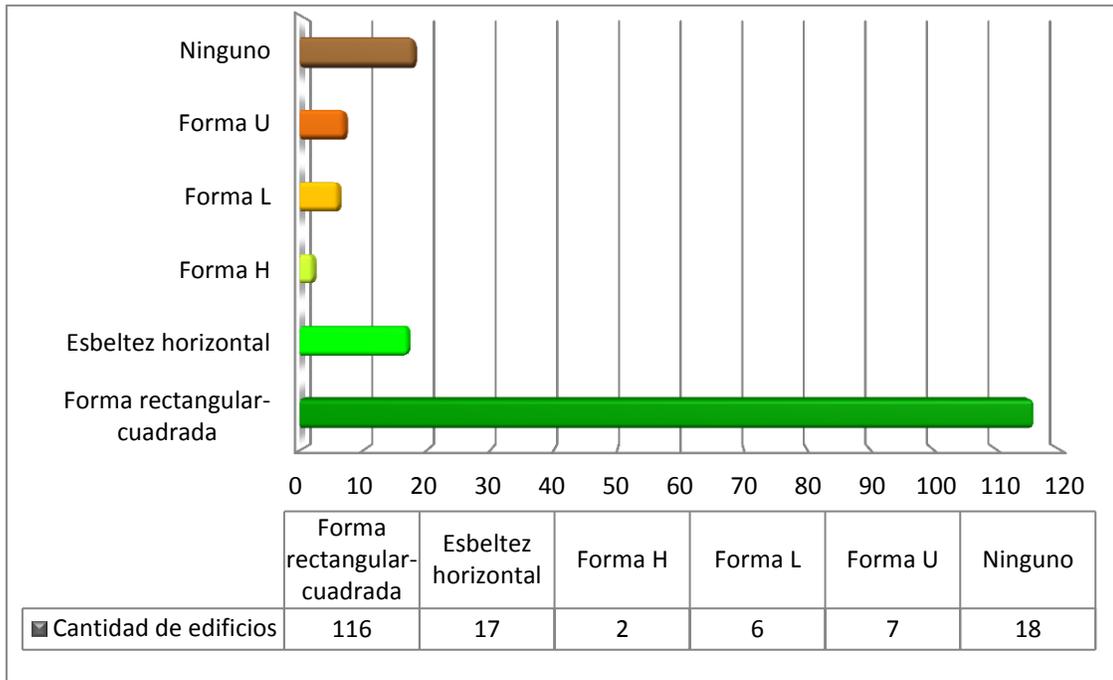


Figura 4.4 Distribución numérica de los edificios según su configuración en planta.

Fuente: Elaboración propia.

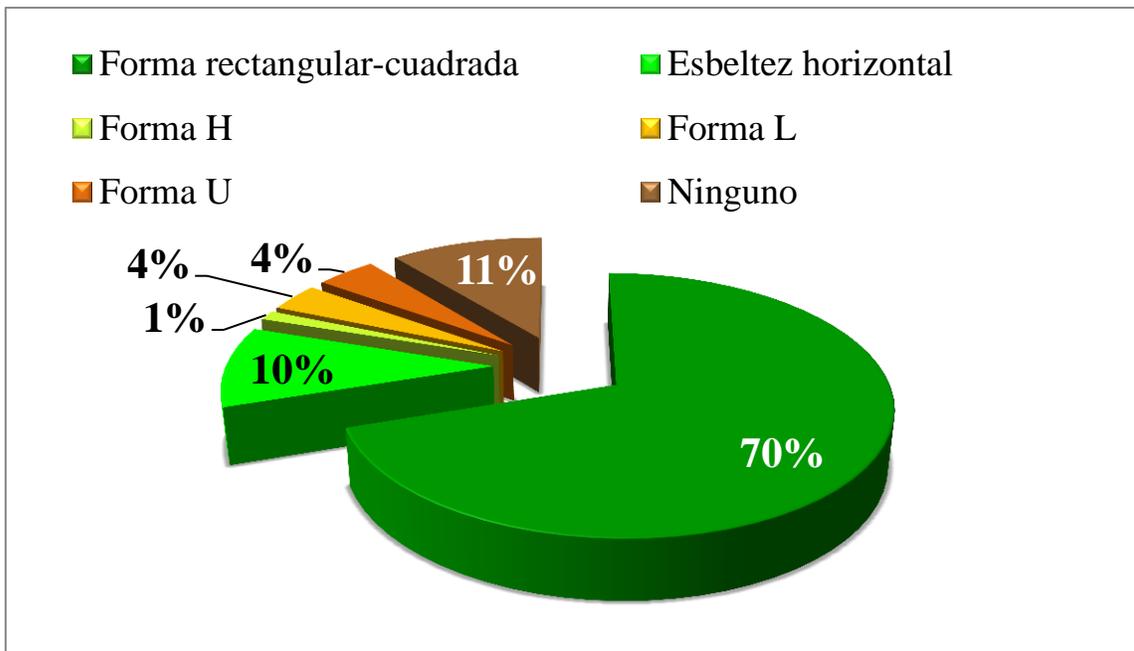


Figura 4.5 Distribución porcentual de los edificios según su configuración en planta.

Fuente: Elaboración propia.

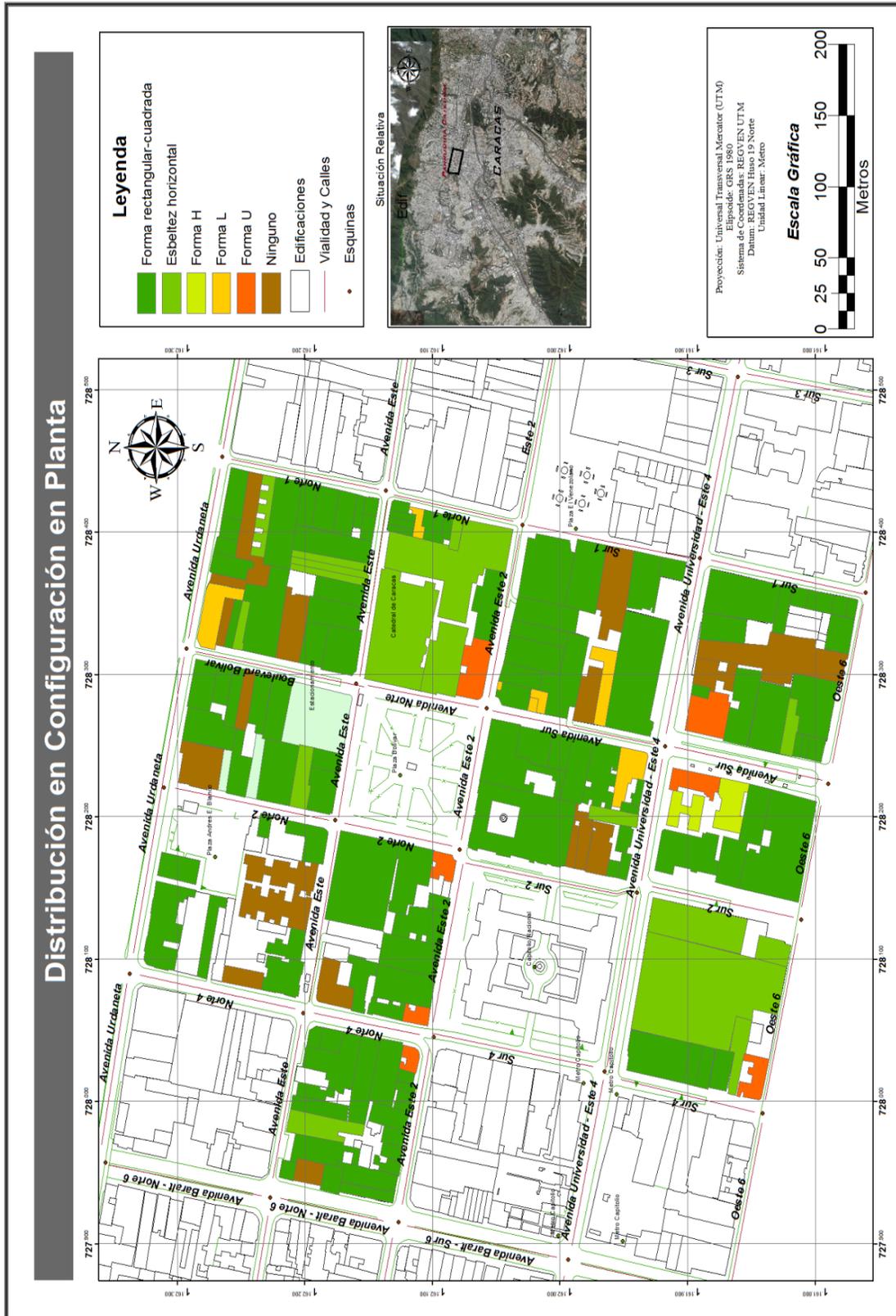


Figura 4.6 Distribución espacial de los edificios según su configuración en planta. Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Distribución de los edificios según elevación.

En la Planilla de Inspección y el Complemento están presentes ocho (8) opciones para lo que corresponde el esquema en elevación del edificio, sin embargo, como se puede observar en la tabla 4.3, sólo se registraron seis (6) tipos de esquemas de elevación, siendo el de mayor demanda el de forma rectangular (Figura 4.7), con un 88%. El siguiente es el esquema en elevación en forma de L con el 8%, lo que corresponde a solo trece (13) edificios de la muestra estudiada. Por último, se encuentran en igual proporción los de forma T, U, pirámide y los que presentan esbeltez vertical, todos con un 1%.

Tabla 4.3 Distribución numérica de las edificaciones según su configuración en elevación.

Esquema en elevación	Cantidad de edificios
Esbeltez vertical	2
Forma L	13
Forma T	1
Forma U	1
Forma rectangular	147
Pirámide	2

Fuente: Elaboración propia.

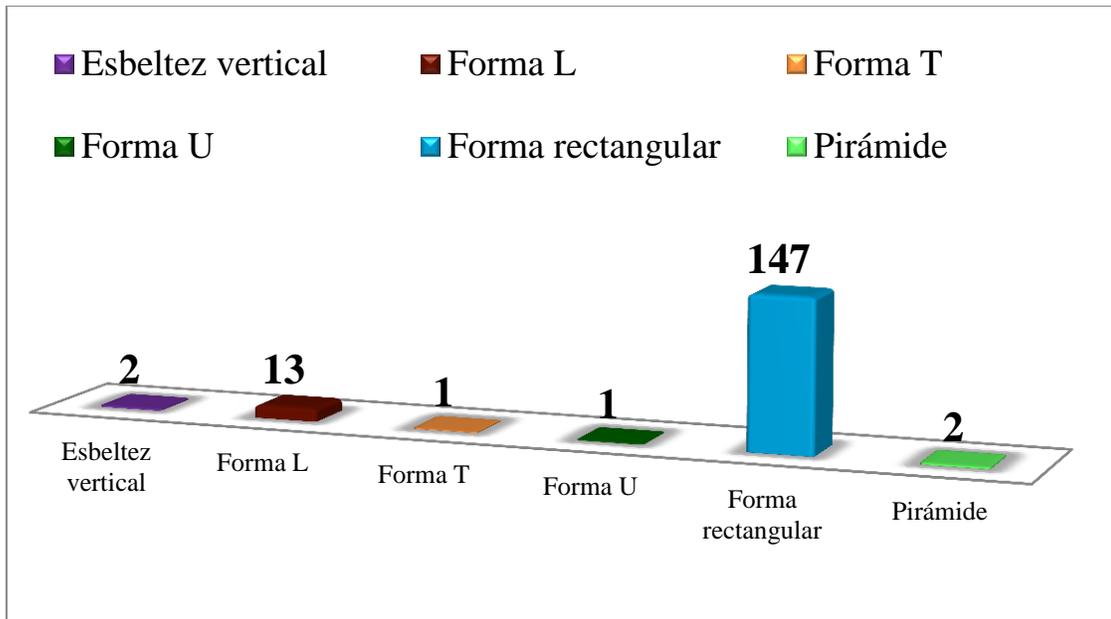


Figura 4.7 Distribución numérica de los edificios según su configuración en elevación.

Fuente: Elaboración propia.

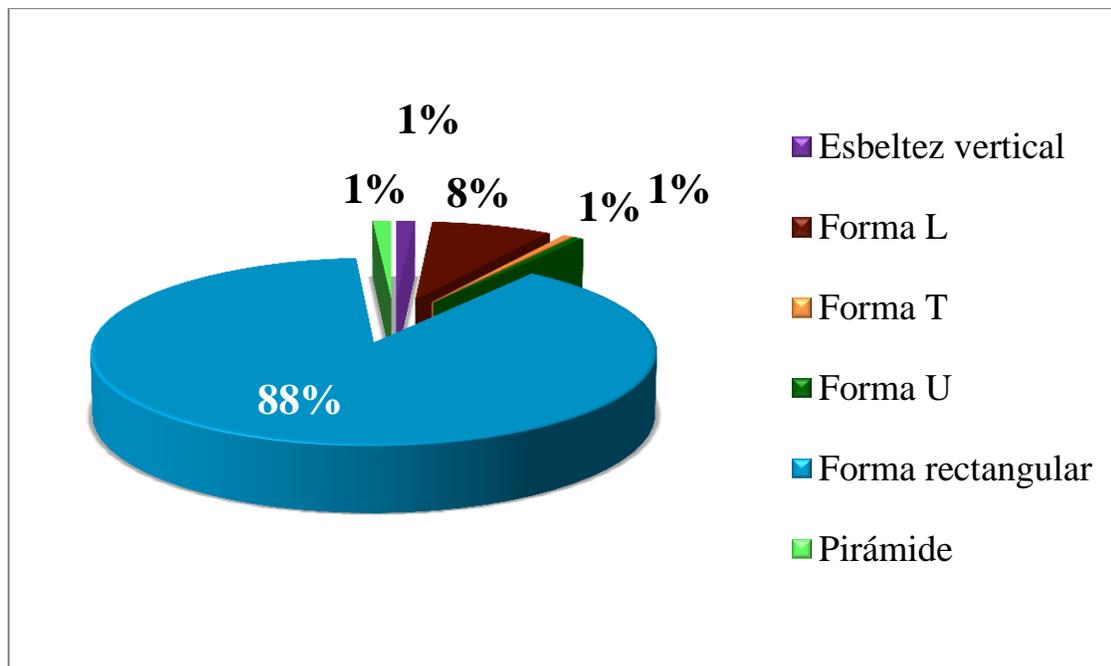


Figura 4.8 Distribución porcentual de los edificios según su configuración en elevación.

Fuente: Elaboración propia.

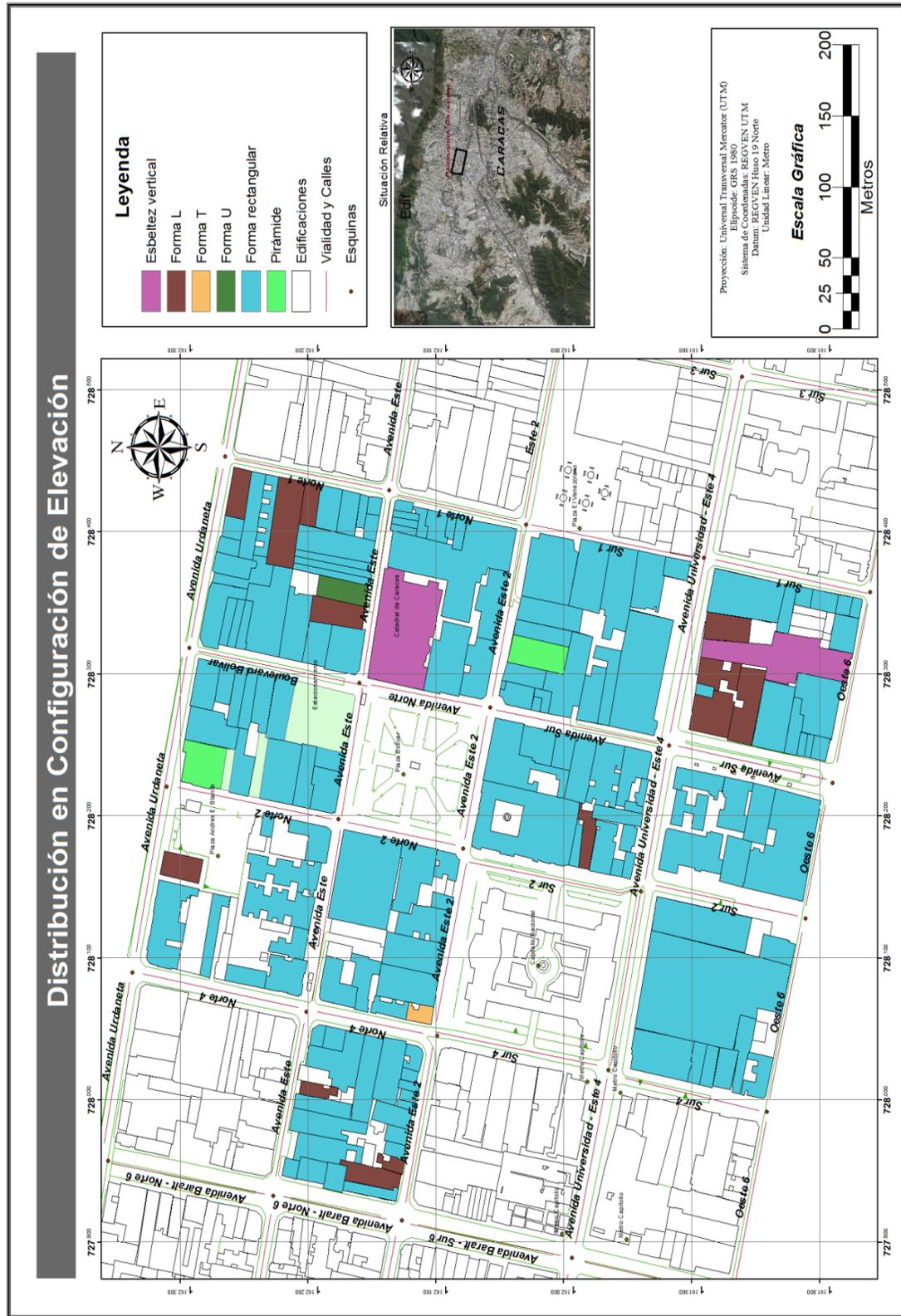


Figura 4.9 Distribución espacial de los edificios según su configuración en elevación. Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Distribución de los edificios según período de construcción.

Existe una importante cantidad de edificios construidos antes de 1939, aproximadamente un 25% (Figura 4.11), destacando que para entonces no existía norma de construcción. Más adelante, al momento de la creación de la primera norma venezolana de construcción de edificaciones MOP 1939, se observa otra importante cantidad de edificios construidos, los cuales representan un 22% de los edificios estudiados. Cabe mencionar que, ya para la fecha de 1947 estaban en pie aproximadamente un 50% de las edificaciones que existen hoy en día, ubicados en su mayoría alrededor de lo que se conocía como la Plaza Mayor de la Parroquia Catedral (Figura 4.12).

Posteriormente, la actividad constructiva en la zona fue decreciendo proporcionalmente (Figura 4.10). Sin embargo, dos de las manzanas ubicadas al sur fueron prácticamente consolidadas entre los períodos de 1948-1955 y 1956-1967, época en la cual se construye un 37% de los edificios, y en la que la norma fue modificada dos (2) veces, siendo la última la norma MOP 1955. Con lo cual se muestra que más del 80% de los edificios estudiados dentro de la Parroquia Catedral (ver Figura 4.11) ya estaban presentes al momento de ocurrencia del terremoto de Julio de 1967, a partir del cual se realizan los primeros aportes sismorresistentes en las normas de construcción de edificaciones venezolana, y los mismos se publican en la norma MOP 1967.

La construcción de edificios sigue avanzando pero en menor cantidad, para el período de 1968-1982 apenas se construyen diecisiete (17) edificios, lo que representa un 10%, además de ser los primeros edificios desarrollados con una norma de construcción antisísmica, la MOP 1967, dentro de la zona en estudio. Así pues, sólo seis (6) edificios, representando un 4%, fueron construidos con la primera norma bajo la dirección del organismo de COVENIN y FUNVISIS, la norma COVENIN 1756 (1982). En el transcurso de los años siguientes ésta norma sufrió dos modificaciones, construyéndose apenas cuatro (4) edificios en ese período, de los cuales dos (2) fueron construidos bajo la primera modificación que se publicó en la norma COVENIN para el año 1998 y los otros dos (2) con la segunda modificación de la norma, la cual se encuentra actualmente en vigencia, la COVENIN 1756-2001.

Tabla 4.4 Distribución numérica de las edificaciones por período de construcción.

Norma Correspondiente	Rango	Cantidad de edificios
Sin Norma	Antes de 1939	41
MOP 1939	Entre 1940 y 1947	36
MOP 1947	Entre 1948 y 1955	29
MOP 1955	Entre 1956 y 1967	33
MOP 1967	Entre 1968 y 1982	17
COVENIN 1982	Entre 1983 y 1998	6
COVENIN 1998	Entre 1999 y 2001	2
COVENIN 2001	Después de 2001	2

Fuente: Elaboración propia.

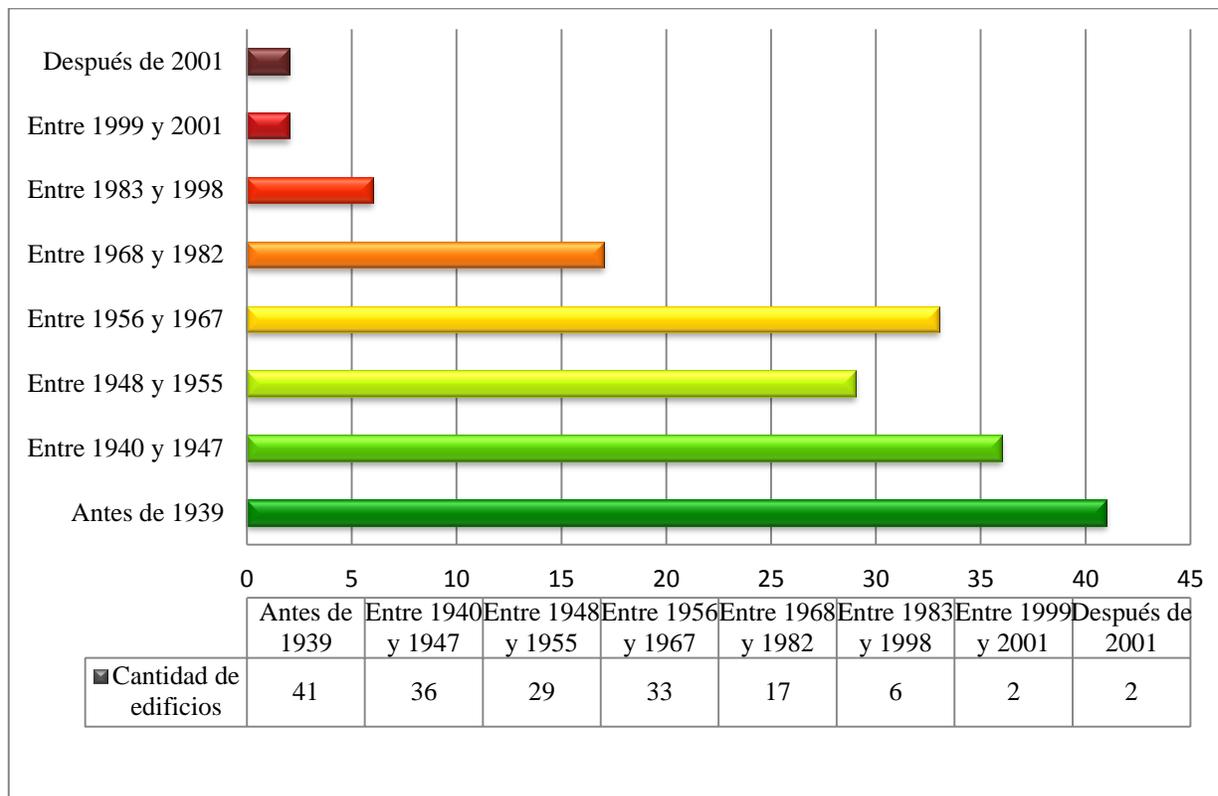


Figura 4.10 Distribución numérica de los edificios por período de construcción. Fuente:

Elaboración propia.

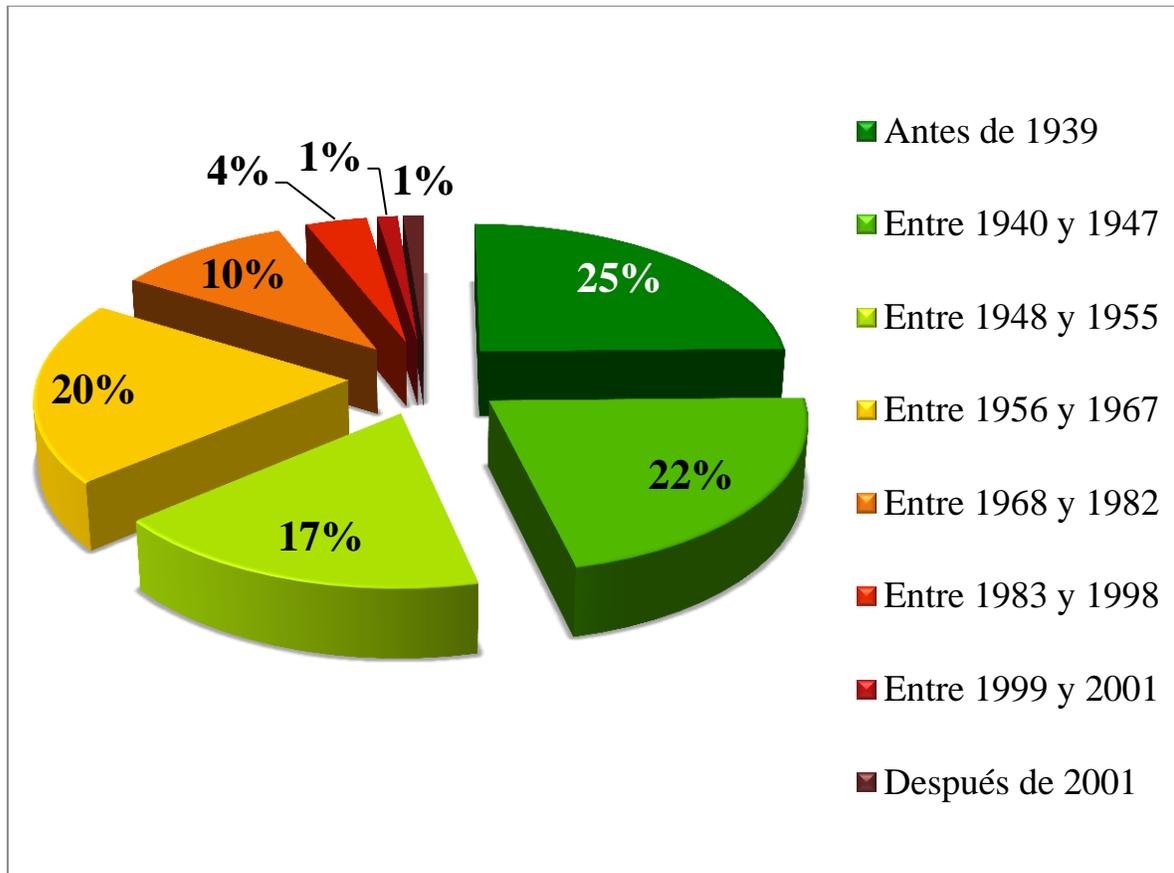


Figura 4.11 Distribución porcentual de los edificios por período de construcción. Fuente: Elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES

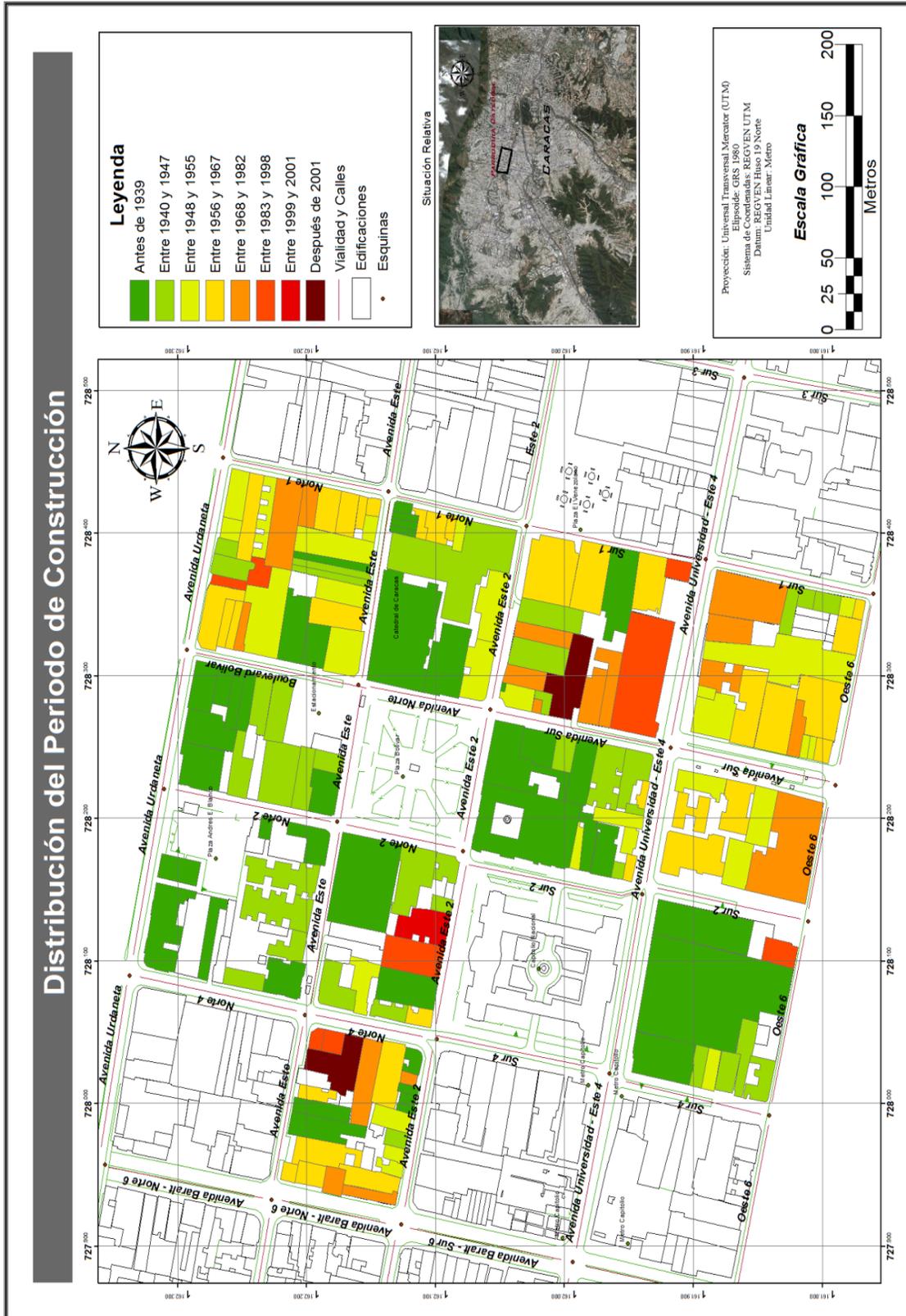


Figura 4.12 Distribución espacial de los edificios por período de construcción. Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, en relación a la época de construcción de los edificios, existe una considerable población de edificios dentro de la zona en estudio que fue construida antes de 1967, fecha en la cual tiene lugar uno de los terremotos más determinantes en el área de la Ingeniería Sismorresistente, ya que a partir de este evento se decide crear la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, además de dejar fuertes daños en la ciudad de Caracas (FUNVISIS, 2002). En la Figura 4.13, se puede observar la distribución espacial de los edificios que sufrirían algún daño producto de ese sismo. Dicha distribución es bastante equitativa y al menos el 50% de los edificios de cada manzana ya existían para ese momento.

Tabla 4.5 Distribución numérica de las edificaciones construidas antes y después de 1967.

Rango	Cantidad de edificios
Antes de 1967	139
Después de 1967	27

Fuente: Elaboración propia.

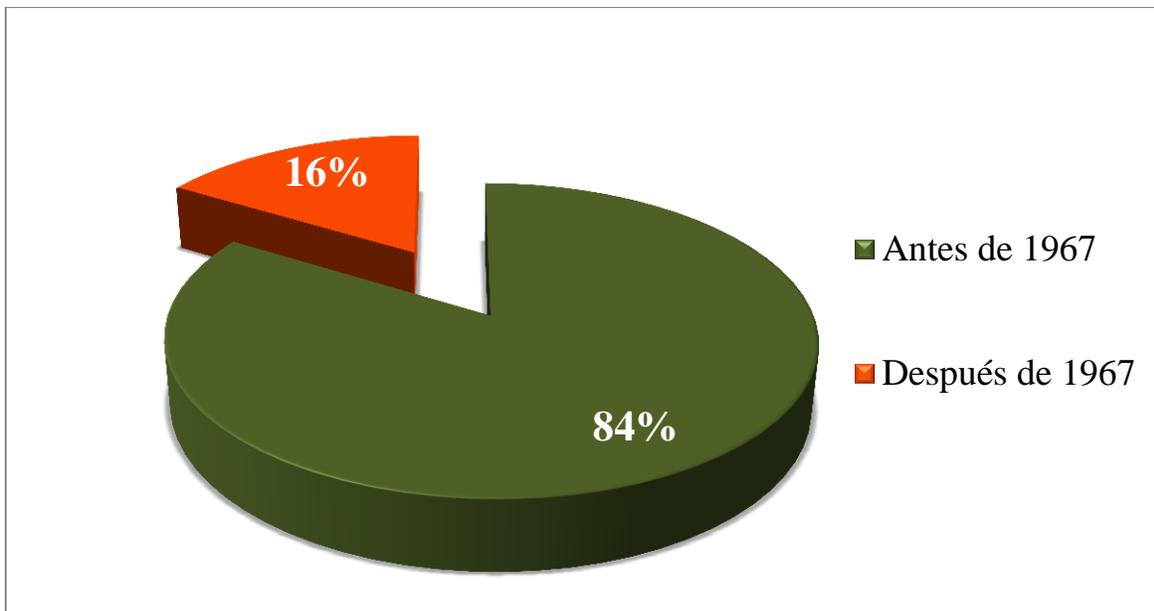


Figura 4.13 Distribución porcentual de los edificios construidos antes y después del año 1967. Fuente: Elaboración propia.

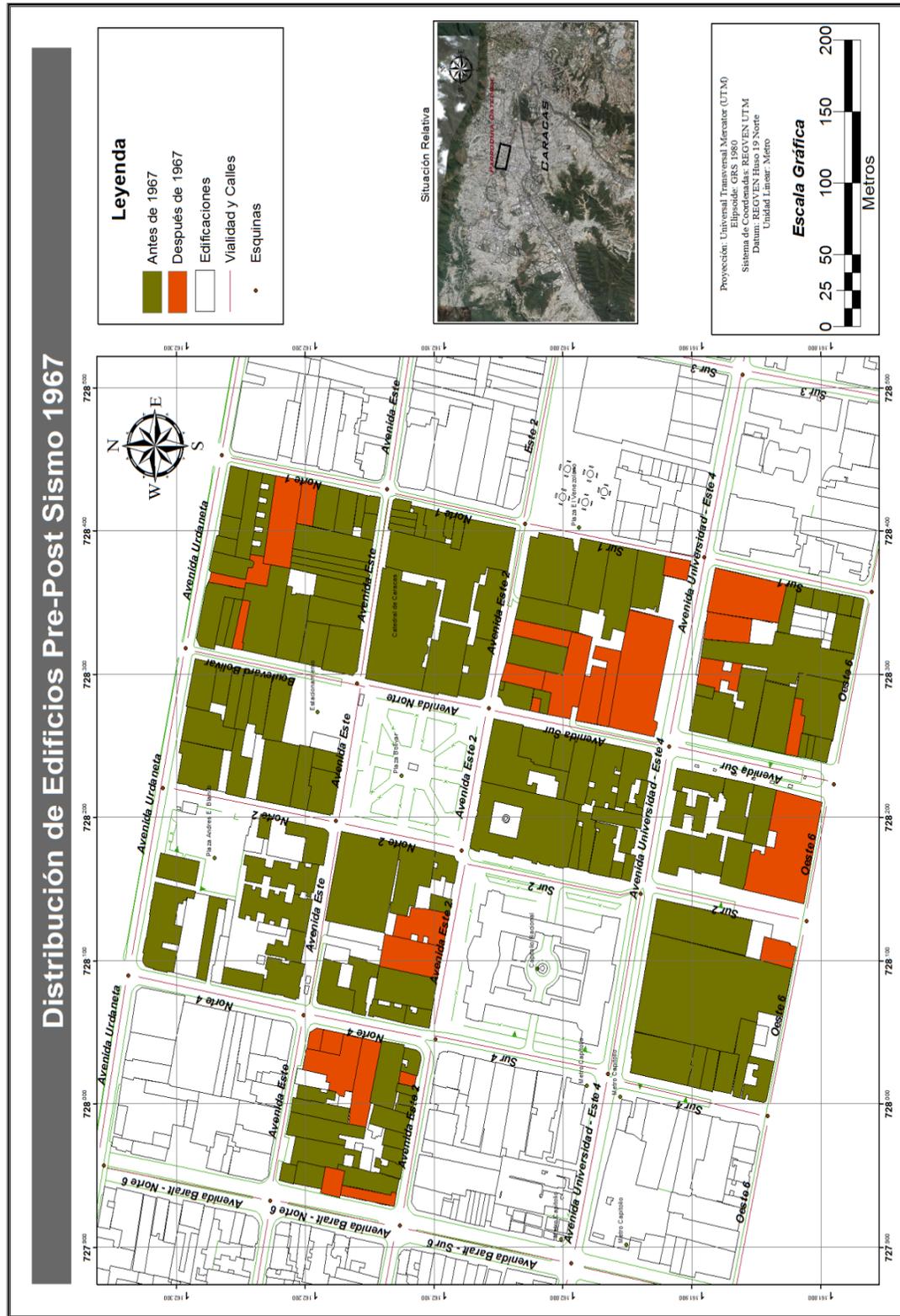


Figura 4.14 Distribución espacial de los edificios construidos antes y después del año 1967. Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Distribución de los edificios de acuerdo al número de pisos (placas por encima del suelo).

Para la clasificación de los edificios de acuerdo al número de pisos se establecieron rangos, el primero está compuesto por edificios de cero (0) hasta tres (3) pisos, el que le sigue son edificios de cuatro (4) a siete (7) pisos, luego están los edificios de ocho (8) hasta veinte (20) pisos y por último los edificios compuestos con veintiuno (21) hasta veinticuatro (24) pisos, tal y como se muestra en la tabla 4.6. Cabe destacar que se establecieron estos rangos en función a la información levantada con la Planilla de Inspección y El Complemento, encontrándose que los números de pisos no eran superior a veinticuatro (24).

La figura 4.15 revela que la mayor parte de los edificios están construidos con pocos pisos, teniendo aproximadamente el 50% (figura 4.16) de las edificaciones menos de cuatro (4) niveles. Esto se puede deber, al carácter colonial de la zona. La otra gran cantidad de edificios se encuentran entre un rango de pisos de cuatro (4) a siete (7), representando un 35%.

Si se contrasta la figura 4.14 con la figura 4.17 se podrá observar que los edificios con menos de ocho (8) niveles son los construidos en su mayoría antes del año 1967.

Ahora, se tiene un 12% de edificios con un número de pisos entre ocho (8) y veinte (20), lo cual equivale a 20 edificios dentro de la muestra (Tabla 4.6), de modo que, los dos (2) edificios restante representan el 1% y son los de mayor altura dentro de la zona en estudio. Por otro lado, y siguiendo la comparación anterior, en cuanto al período de construcción, ambos edificios fueron construidos después de 1967, cuando ya existían las normas venezolanas de construcción de edificios sismorresistente.

Tabla 4.6 Distribución numérica de las edificaciones en base al número de pisos (Placas por encima del suelo).

Rango de pisos	Cantidad de edificios
0-3	86
4-7	58
8-20	20
21-24	2

Fuente: Elaboración propia.

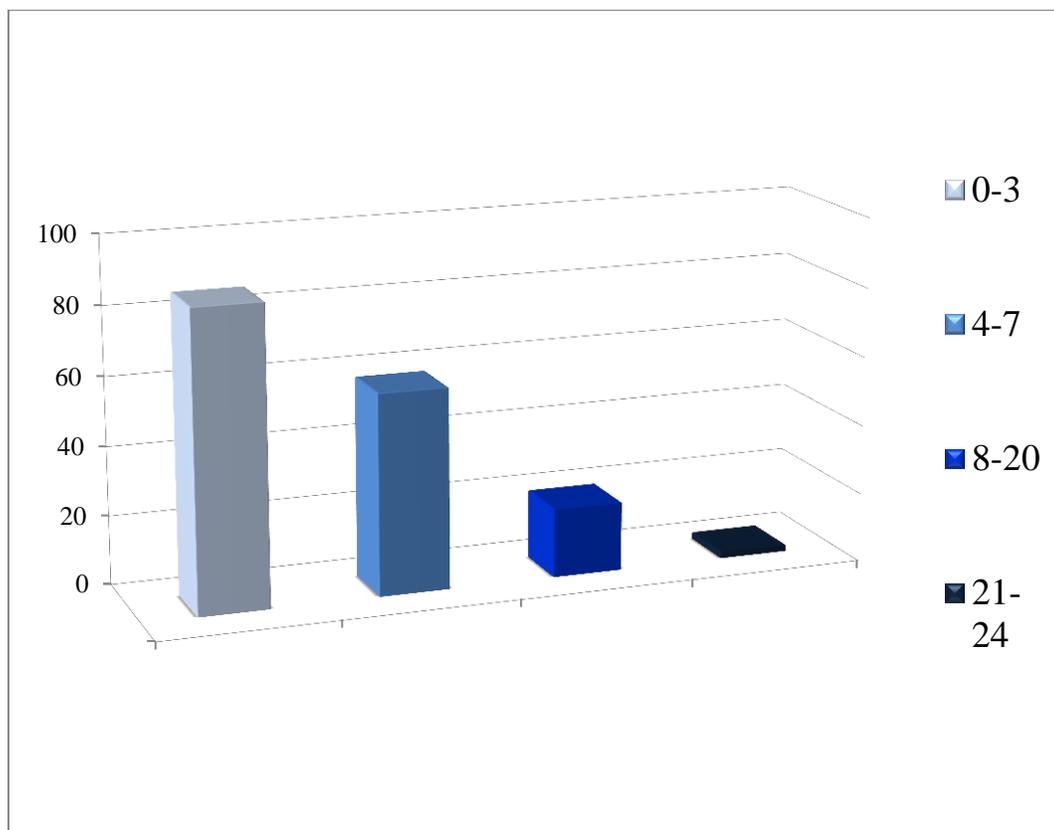


Figura 4.15 Distribución numérica de los edificios según números de niveles (Placas por encima del suelo). Fuente: Elaboración propia.

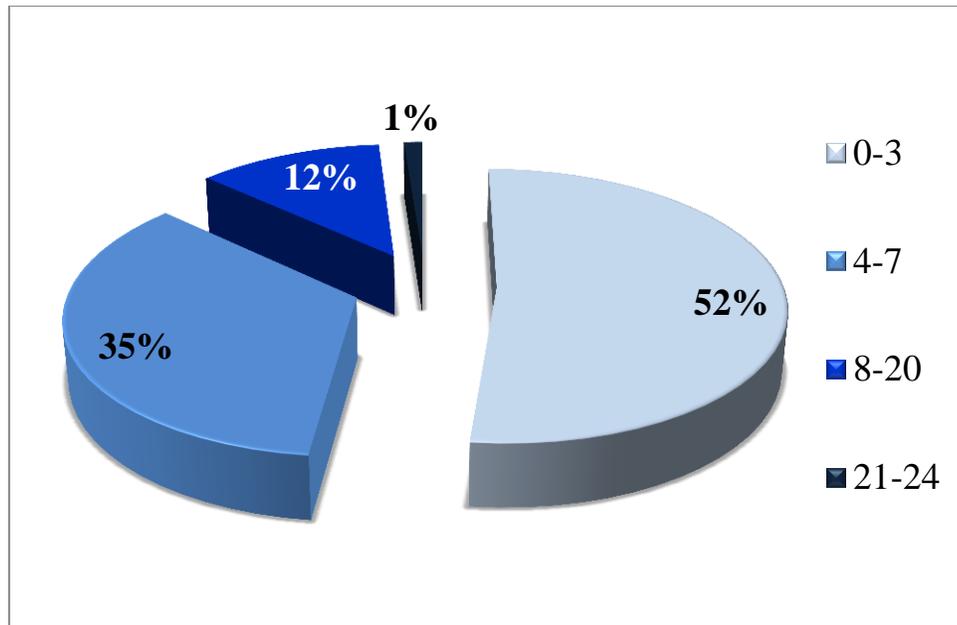


Figura 4.16 Distribución porcentual de los edificios según números de niveles (Placas por encima del suelo). Fuente: Elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES

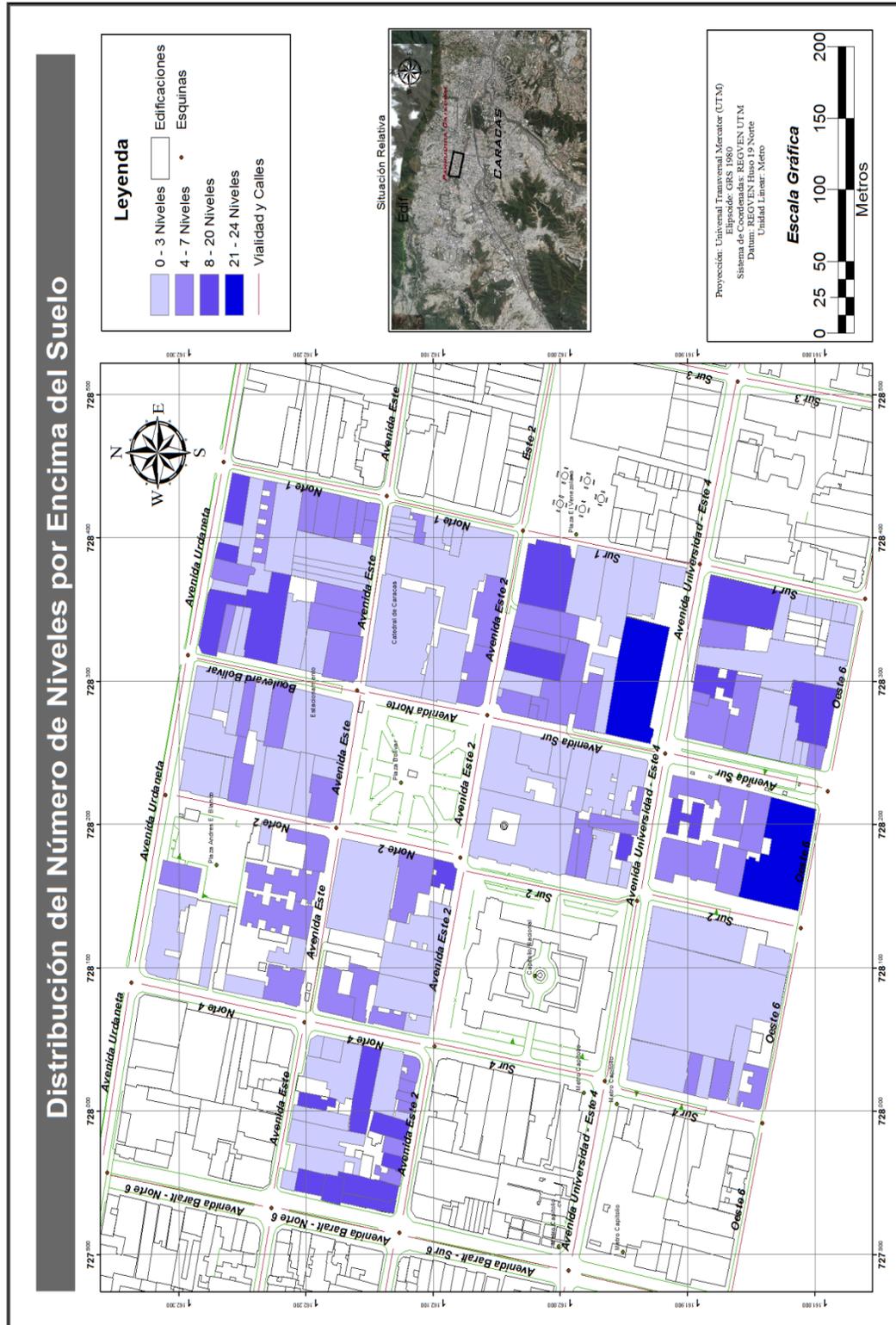


Figura 4.17 Distribución espacial de los edificios según números de niveles (Placas por encima del suelo).

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Distribución de los edificios en base a los elementos no estructurales.

Dentro de esta categoría se tienen varios elementos del edificio que no se consideran parte del sistema estructural pero son necesarios para el cálculo y análisis de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios. Los mismos se presentan y analizan a continuación:

- Tipo de entrepiso.
- Concentración de cargas.
- Recubrimiento predominante en fachada.
- Elementos adosados en fachada.

4.1.4.1. Tipo de entrepiso.

En la Planilla de Inspección y El Complemento se presenta un total de once (11) opciones para el tipo de entrepiso; sin embargo, sólo se presenció en la muestra de edificios estudiada los expuestos en la tabla 4.7, con un total de siete (7) tipos de entrepiso.

El tipo de entrepiso que predominó fue el de tipo de losa maciza con un total de sesenta y dos (62) edificios, lo cual representa un 37% del total (Figura 4.19). Luego le sigue el de losa nervada en una dirección con un 23%. El resto de los tipos de entrepiso se distribuyen en menor porcentaje, desde 13% hasta un 1%. Con un porcentaje casi igual se consigue el tipo de entrepiso de techo de madera/tejas/zinc y vigas de metal, con 13% y 12% respectivamente. Tan solo se registraron diez (10) edificios con entrepiso de losa de acero colaborante (lo que equivale al 6%), después le siguen en menor proporción los de losa de tabelones con un 4% (7 edificios). Las bóvedas y la losa nervada en dos direcciones se hallan en poca cantidad, apenas cuatro (4) y tres (3) edificios respectivamente, correspondiendo un 2%; el último (con 1%) lo representa un edificio con el tipo de entrepiso de losa apoyada sobre columnas.

Tabla 4.7 Distribución numérica de las edificaciones en base al tipo de entrepiso presente.

Tipo de entrepiso	Cantidad de edificios
Bóvedas	4
Lámina de acero colaborante	10
Losa apoyada sobre columnas	1
Losa de tabelones	7
Losa maciza	62
Losa nervada en 1 dirección	38
Losa nervada en 2 direcciones	3
Techo de madera/tejas/zinc	21
Vigas de metal	20

Fuente: Elaboración propia.

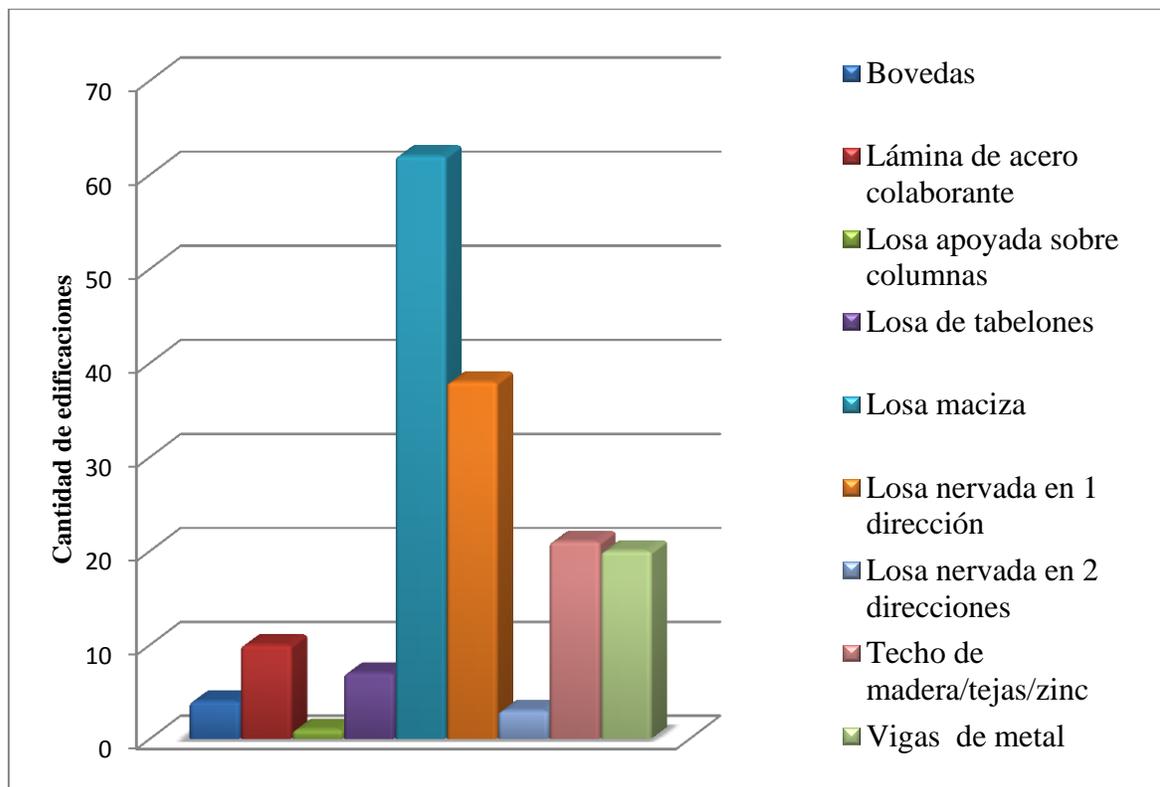


Figura 4.18 Distribución numérica de los edificios en base al tipo de entrepiso presente.

Fuente: Elaboración propia.

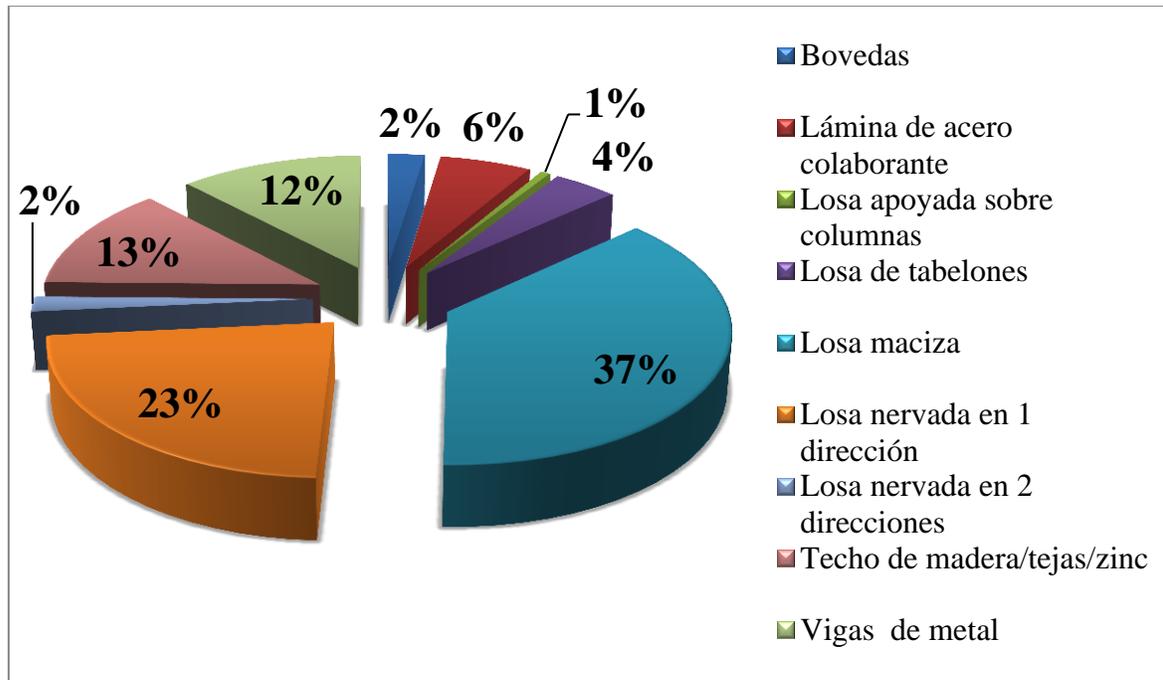


Figura 4.19 Distribución porcentual de los edificios en base al tipo de entrepiso presente.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2. Concentración de cargas.

Dentro de las concentraciones de carga que se observaron la mayoría se presentan combinadas, además de que pueden estar centradas o no dentro de la planta de la edificación, teniendo así una mayor incidencia en los cálculos en que participan, sin embargo, no se analizaron en este capítulo en base a su posición sino en base a su presencia y combinación; dichas cargas corresponden a los tanques de agua, unidades de aire acondicionado, sala de máquinas y maquinas industriales.

En primer lugar, encontramos la combinación de la unidad de aire acondicionado con los tanques de agua en cuarenta y tres (43) edificios (Tabla 4.8), lo que representa un 26% (Figura 4.21) del total de la muestra estudiada. Y a pesar de que un 20% de los edificios no presenta ningún tipo de concentración de carga, existe un 15% de edificios que presentan solo tanques de agua. Luego le sigue, con un 12% cada una, combinaciones de carga de sala de máquina con tanque de agua, y por otro lado sala de máquina con tanque de agua y unidad de aire acondicionado.

Ya en menor cantidad, un 8% de los edificios poseen solo unidades de aire acondicionado. Sin embargo, un 4% (7 edificios) presentan unidades de aire acondicionado con sala de máquinas. Por otro lado, apenas cuatro (4) edificios equivalentes a un 2% sólo tienen sala de máquinas, y por último dos (2) edificios (1%) que tienen máquinas industriales.

Tabla 4.8 Distribución numérica de las edificaciones según la concentración de carga que presente.

Concentración de carga	Signo	Cantidad de edificios
No presenta	No presenta	33
Sala de Máquinas	SM	4
Sala de Máquinas/Tanque de agua	SM/TA	20
Sala de Máquinas/Tanque de agua/Unid. Aire Acondicionado.	SM/TA/UAA	19
Sala de Máquinas/Unid. Aire Acondicionado.	SM/UAA	7
Tanque de Agua	TA	25
Tanque de Agua/Unid. Aire Acondicionado.	TA/UAA	43
Unid. Aire Acondicionado.	UAA	13
Maquinas Industriales	MI	2

Fuente: Elaboración propia.

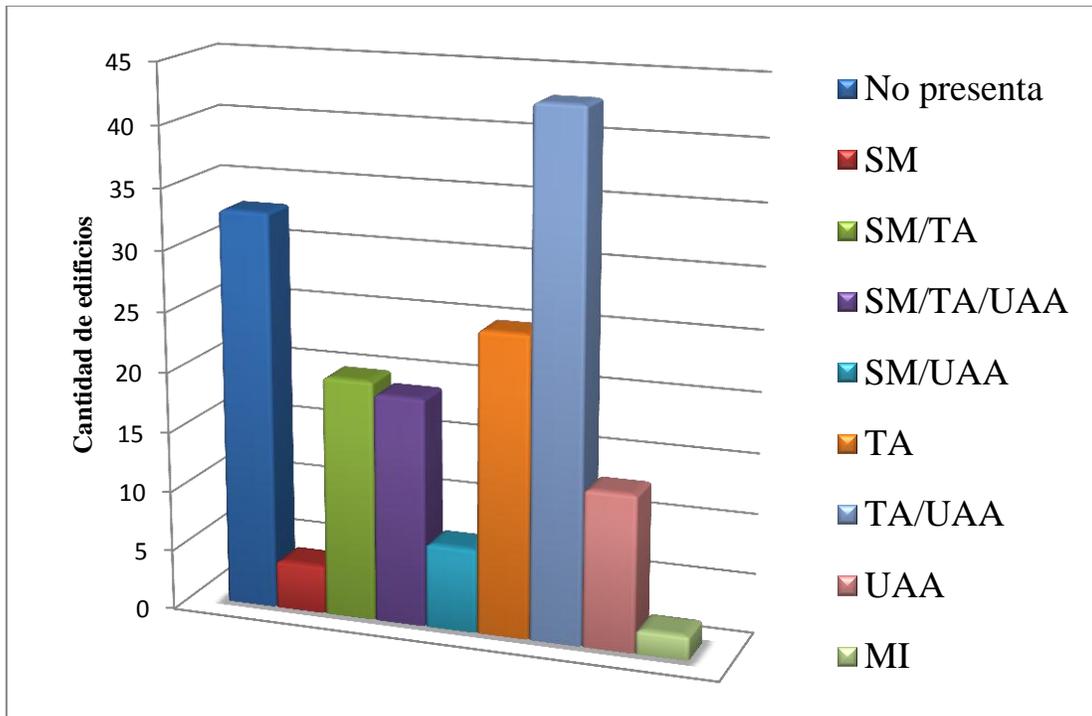


Figura 4.20 Distribución numérica de los edificios según la concentración de carga que presente. Fuente: Elaboración propia.

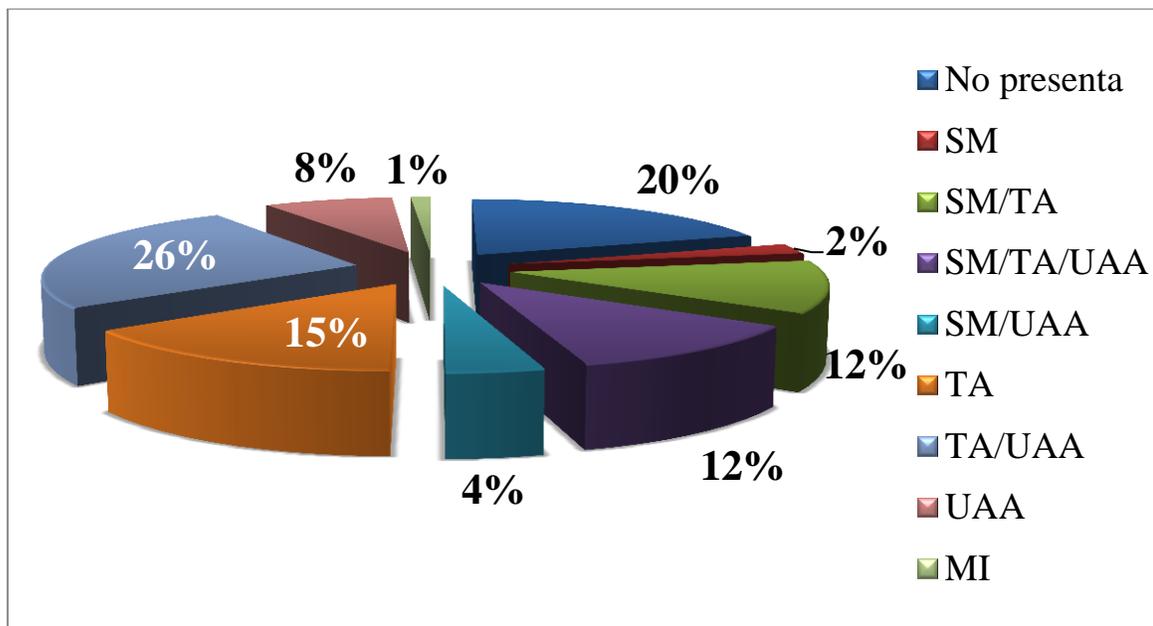


Figura 4.21 Distribución Porcentual de los Edificios según la Concentración de Carga que Presente. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.3. Recubrimiento predominante en fachada.

Para el tipo de recubrimiento en la fachada se escogió el que se considera el predominante, ya que se encontraba, en la mayoría de los casos, hasta dos o tres tipos de materiales que cubren la fachada del edificio. La tabla 4.9, señala que el de mayor presencia lo tuvo el recubrimiento de friso y pintura, que dentro de todos los edificios estudiados se lleva un 69% (Figura 4.23). Los demás tipos de recubrimiento, en comparación al anterior, se encontraron en mucha menor proporción (Figura 4.22), como es el caso del recubrimiento de vidrio enmarcado con un 11% (Figura 4.23), también se observan vidrios en paneles pero solo en once (11) edificios (7%). Por otro lado, se tiene un 6% de edificios cubiertos con cerámicas y otro 4% cubierto con tablillas. No fue sino un 1% de edificaciones las que presentaron un recubrimiento con mosaicos.

Tabla 4.9 Distribución numérica de las edificaciones en base al recubrimiento predominante en fachada.

Recubrimiento predominante en fachada	Cantidad de edificios
Cerámicas	10
Friso y pintura	117
Mosaicos	2
Tablillas	7
Vidrio en paneles	11
Vidrio enmarcado	19

Fuente: Elaboración propia.

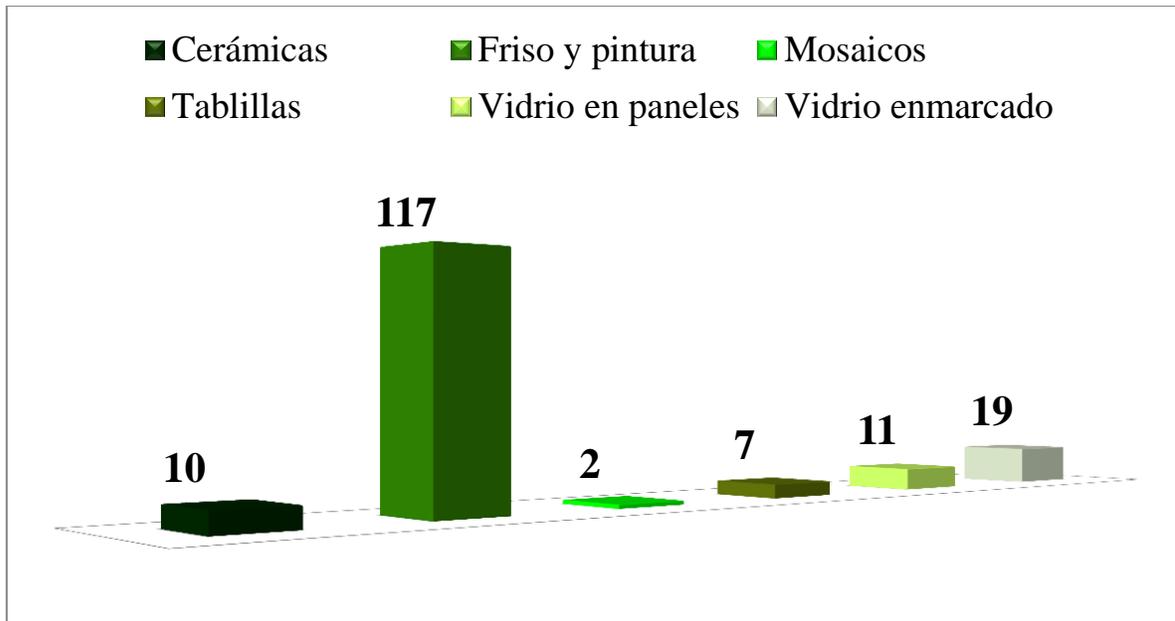


Figura 4.22 Distribución numérica de las edificaciones en base al recubrimiento predominante en fachada. Fuente: Elaboración propia.

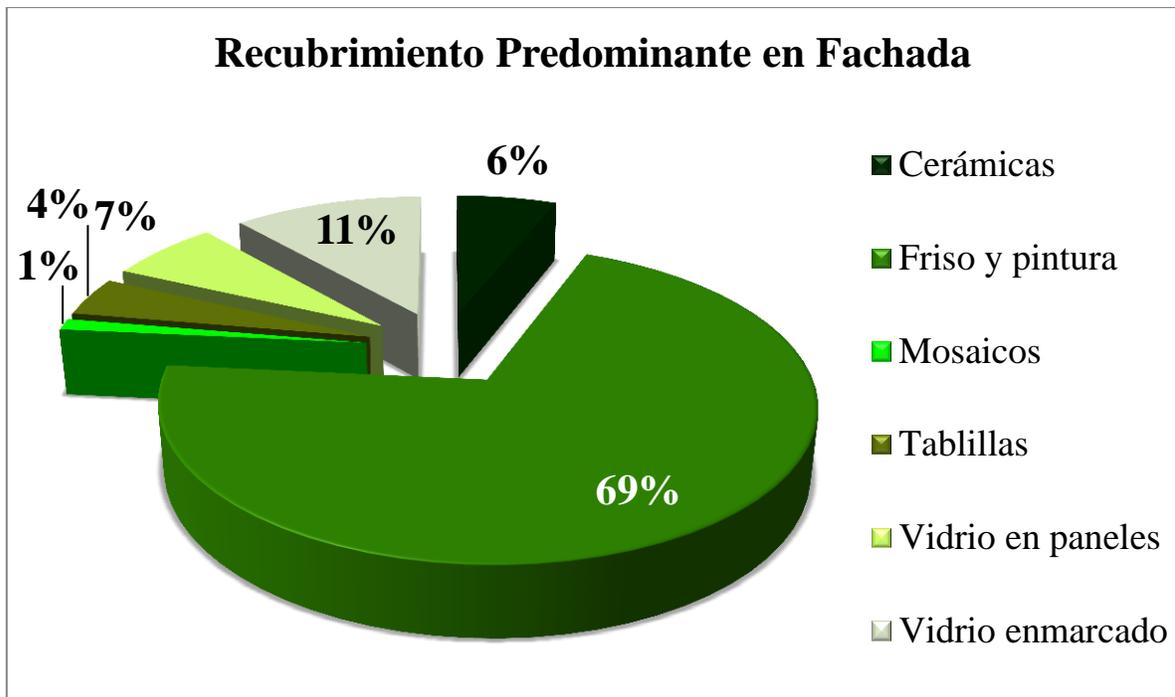


Figura 4.23 Distribución porcentual de las edificaciones en base al recubrimiento predominante en fachada. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.4. Elementos adosados en fachada.

Respecto a los elementos que se pudiesen encontrar adosados a la fachada del edificio tenemos: antepecho, balcones y jardineras (Tabla 4.10). En algunos casos se observó que está presente más de un elemento adosado a la fachada (Figura 4.24), como es el caso de antepecho con balcones, que de acuerdo con la figura 4.25, es el de mayor presencia con un 77% de la muestra estudiada. Por otro lado, hay diez (10) edificios que sólo tienen antepechos, y otros seis (6) que sólo tienen jardineras, representando un 7% y 4% respectivamente. Con balcones se tienen únicamente dos (2) edificios (1%), sin embargo, en su combinación con jardineras se tienen cinco (5) edificios, lo que representa un 3%.

Tabla 4.10 Distribución numérica de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada.

Elementos adosados en fachada	Cantidad de edificios
Antepecho	10
Antepecho/Balcones	114
Balcones	2
Balcones/Jardineras	5
Jardineras	6
No presenta	11

Fuente: Elaboración propia.

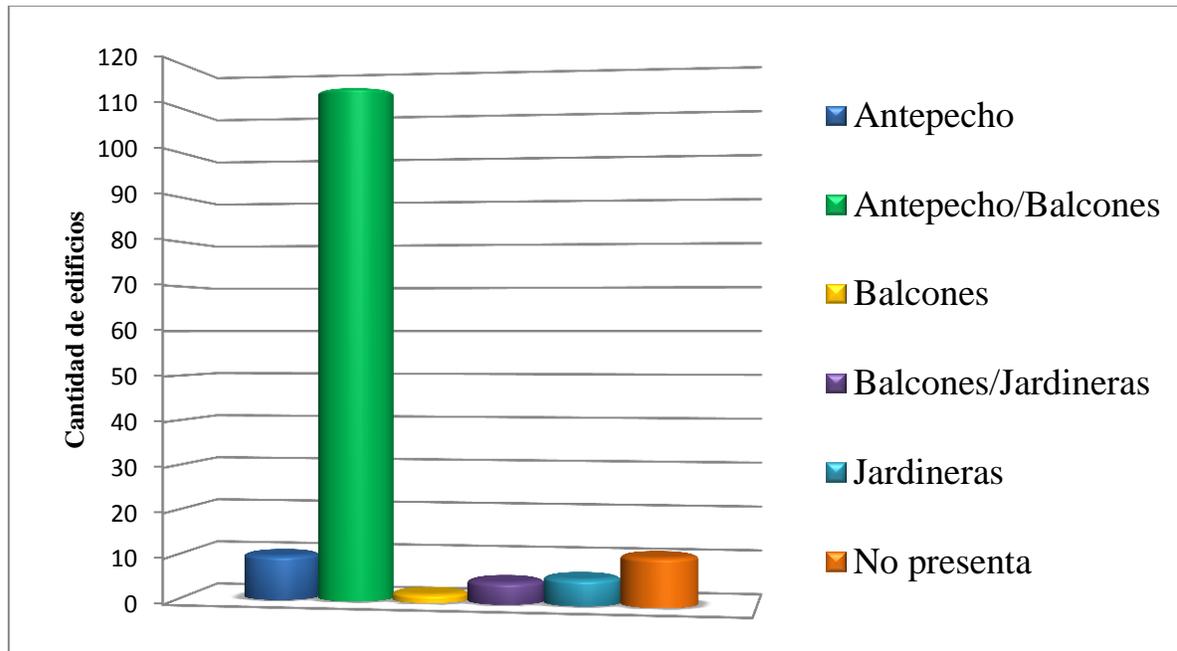


Figura 4.24 Distribución numérica de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada. Fuente: Elaboración propia.

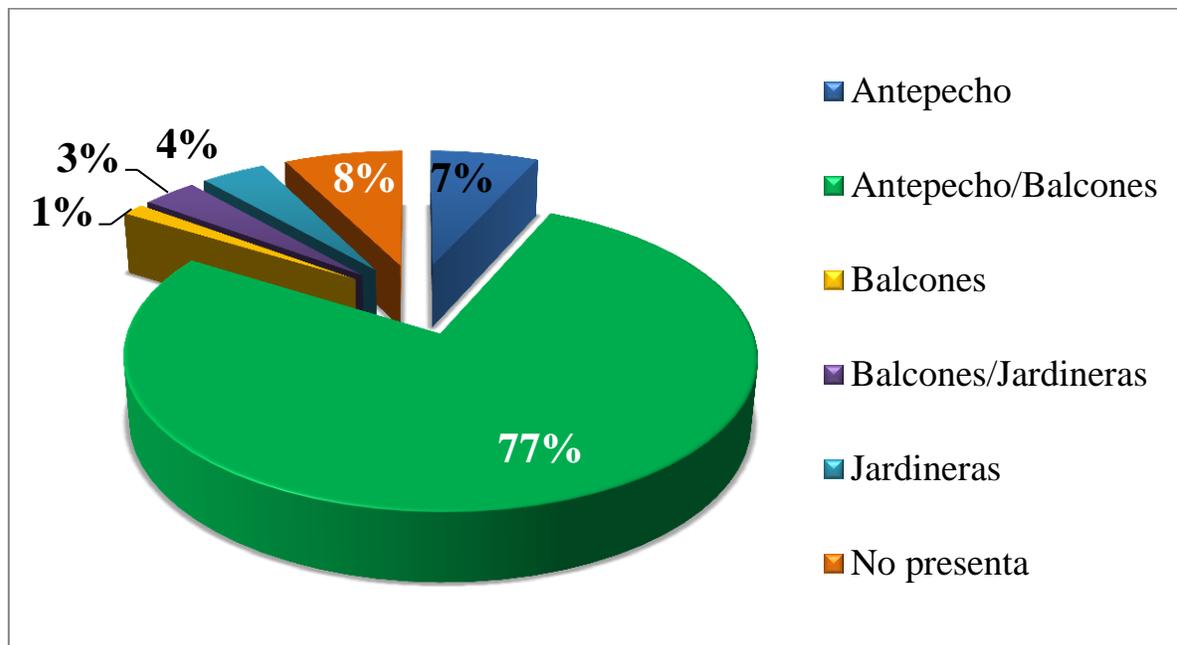


Figura 4.25 Distribución porcentual de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada. Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Irregularidades.

Dentro de las irregularidades que puede presentar una edificación sólo se evaluaron las que se pueden observar a simple vista, de manera tal de poder usar como herramienta la Planilla de Inspección y el Complemento descritos en el capítulo III. Las mismas se presentan en la tabla 4.11, además de mostrar cuantos edificios poseen y cuantas no ciertas irregularidades. Sin embargo, es en la figura 4.26 donde se avista, con mayor claridad, que en general son más los edificios que no presentan alguna irregularidad a los que si la presentan, tal es el caso de la discontinuidad de los ejes de columnas, que indica que ciento cincuenta y nueve (159) edificios no tienen esa irregularidad y tan sólo siete (7) del total de la muestra si la tienen.

Otra notable diferencia la ostenta la presencia de las irregularidades referentes al entrepiso débil, abertura significativa en losa y fuerte asimetría de masa-rigidez en planta, que de acuerdo a los valores que muestra la tabla 4.11, únicamente las presentan aproximadamente un cuarto por ciento de los edificios evaluados. Por otro lado, está el caso de columna corta, la cual se exhibe en una cantidad importante (113), además de que es uno de los pocos que se puede evaluar muchas veces desde la fachada del edificio, dado que uno de los casos más comunes que produce esta irregularidad es la presencia de ventanas que solo cubren una parte del entrepiso.

Por último, tenemos la irregularidad concerniente a la ausencia de vigas alta en una o dos direcciones. Dicha irregularidad es una de las más difíciles de evaluar ya que en algunos casos están cubiertas, junto a la losa de entrepiso, con materiales de acabados arquitectónicos que dificultan su visualización. Sin embargo, cerca de la mitad de los edificios estudiados presentaron esta irregularidad (Figura 4.26).

Es importante destacar que el parámetro de las irregularidades representa un peso importante dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio, debido a que influye en el desempeño del mismo al momento de un evento sísmico, por lo que entre más irregularidades tenga un edificio más afectado se verá. En la figura 4.27 se puede observar que un 78% de la muestra de los edificios estudiados presenta al menos una irregularidad.

Tabla 4.11 Distribución numérica de las edificaciones en base a los elementos adosados en fachada.

Irregularidades	Signo	Cantidad de edificios	
		Si presenta	No presenta
Ausencia de viga alta	AVA	75	91
Entrepiso débil	EDB	18	148
Columna corta	CC	53	113
Discontinuidad en ejes de columnas	DEC	7	159
Abertura significativa en losa	ASL	34	132
Fuerte asimetría de masa-rigidez en planta	AM-RP	37	129

Fuente: Elaboración propia.

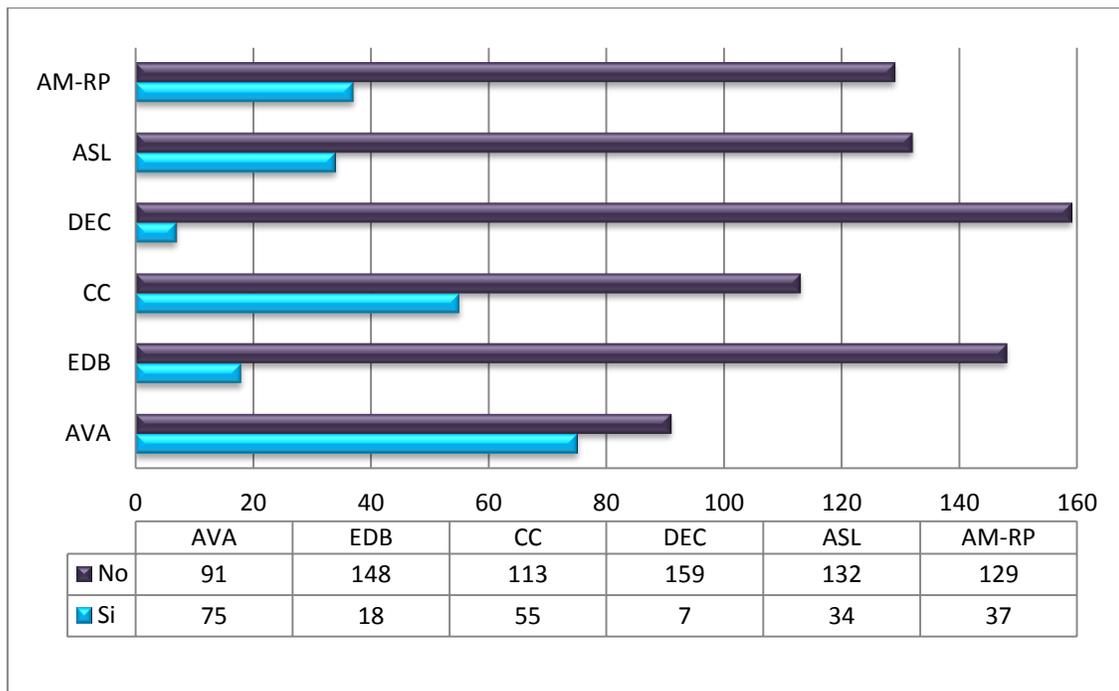


Figura 4.26 Distribución numérica de las edificaciones en base a las irregularidades presentes. Fuente: Elaboración propia.

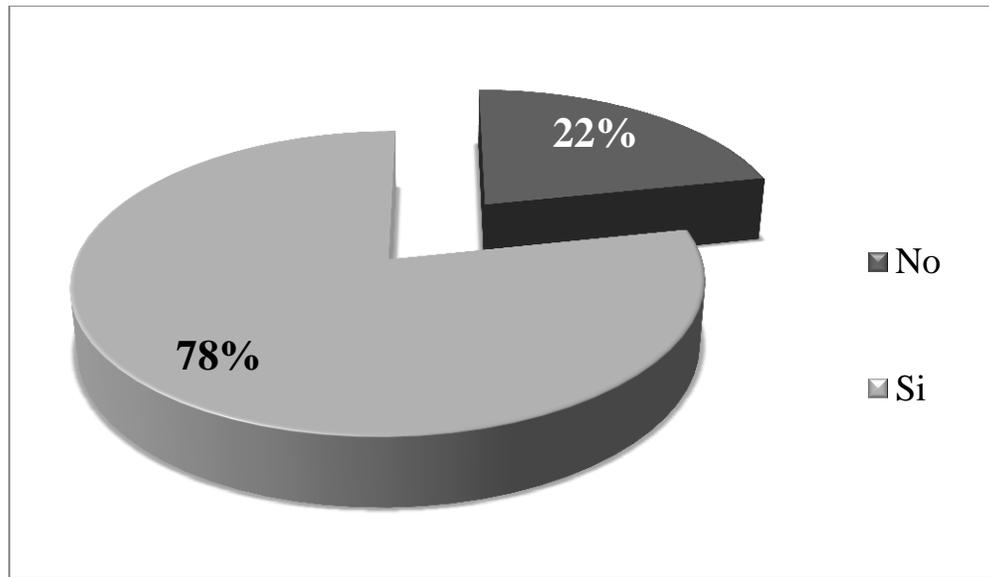


Figura 4.27 Distribución porcentual de las edificaciones en base a la presencia de irregularidades. Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Grado de deterioro.

En la evaluación del grado de deterioro es importante destacar que el mismo se refiere a las paredes de relleno, a las piezas de acero que forman parte del sistema estructural y al concreto reforzado con acero que compone a los elementos del sistema estructural, tal y como lo presenta la tabla 4.12. Dicho lo anterior, es evidente que el estado en que se encuentren estos elementos determinará una posible intervención a la estructura, ya sea a través del refuerzo del elemento, cambio u otra acción que se considere necesaria.

Respecto a los edificios evaluados, en su mayoría no presentaron ningún grado de deterioro (Figura 4.28), excepto algunos edificios que presentaron un grado de deterioro mederado y otros muy pocos un estado severo.

Cabe destacar que varios de los edificios evaluados ya presentaban refuerzos estructurales y reparaciones provocados por algunos sismos pasados y bien, como se mencionó en líneas anteriores, esto se podría evidenciar puesto que la mayoría de estos edificios fueron construidos antes del terremoto que sacudió a la ciudad de caracas en julio de 1967 (Figura 4.13), y así como por éste sismo también han sufrido daños causados por otros

sismos que sin lugar a duda habrán dejado sus huellas en estos edificios, las cuales quizás no han sido tan notorias pero que están presentes.

Tabla 4.12 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al grado de deterioro de los elementos estructurales y no estructurales.

Elementos estructural y no estructural	Grado de deterioro		
	Severo	Moderado	Ninguno
Agrietamiento en paredes de relleno	9	46	111
Estado de elementos de acero	4	9	153
Estado concreto/Acero de refuerzo	16	54	96

Fuente: Elaboración propia.

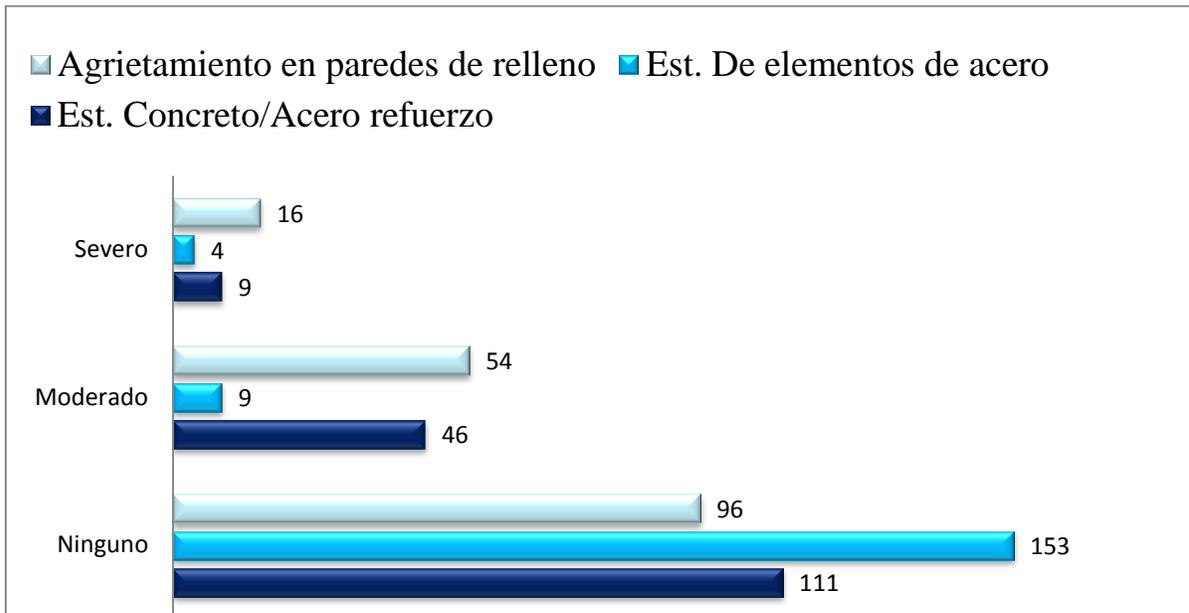


Figura 4.28 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al grado de deterioro de los elementos estructurales y no estructurales. Fuente: Elaboración propia.

El estado general de mantenimiento del edificio es un parámetro muy relacionado al anterior, sin embargo se puede diferenciar en cuanto a que el deterioro puntual de un elemento estructural, causado por un sismo o algún otro evento pasado, quizás no haya sido reparado pero a pesar de esto el edificio en el resto de sus áreas se encuentre con un buen mantenimiento, además dicho mantenimiento involucra elementos y zonas del edificio que no se toman en cuenta en el parámetro anterior. Otro caso sería que un edificio puede no haber sufrido ningún tipo de daño pero tenga un bajo mantenimiento.

Para la muestra, el estado de mantenimiento predominante fue bueno (Figura 4.29), aunque no hay mucha diferencia en la cantidad de edificios que presentaron un estado de mantenimiento regular, y en base a la figura 4.30, un 28% de la muestra revela un estado de mantenimiento bajo. Por otro lado, si se observa la figura 4.31 la distribución espacial de este parámetro es dispersa, es decir, que no se concentra en una zona los edificios que cumplan con un buen estado de mantenimiento.

Tabla 4.13 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.

Estado de mantenimiento	Cantidad de edificios
Bajo	28
Regular	62
Bueno	76

Fuente: Elaboración propia.

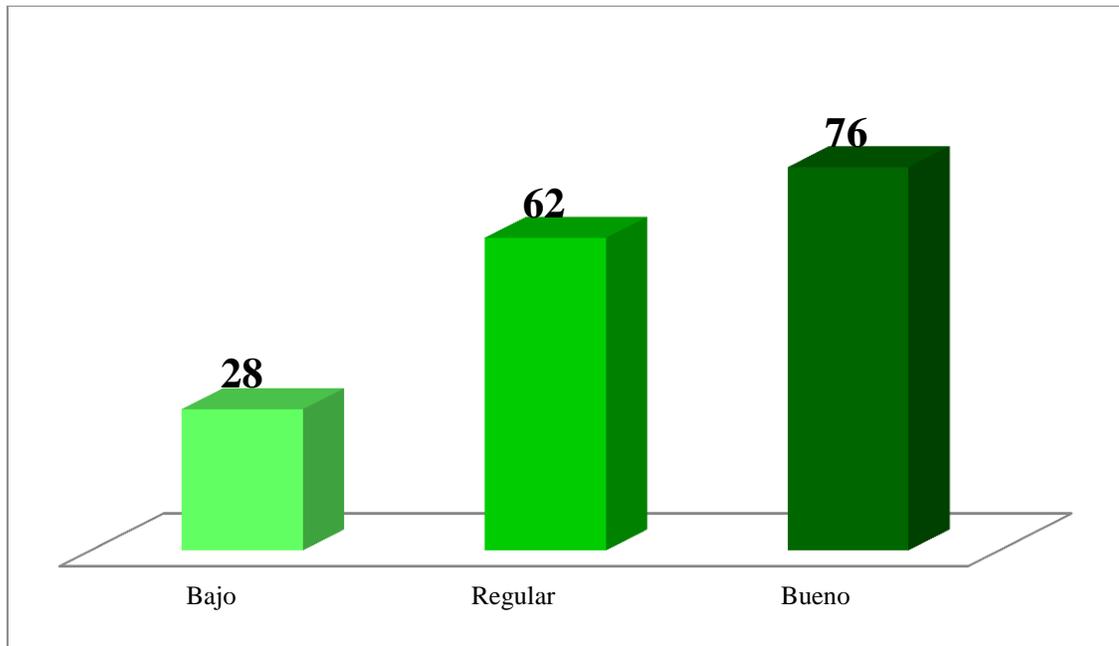


Figura 4.29 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio. Fuente: Elaboración propia.

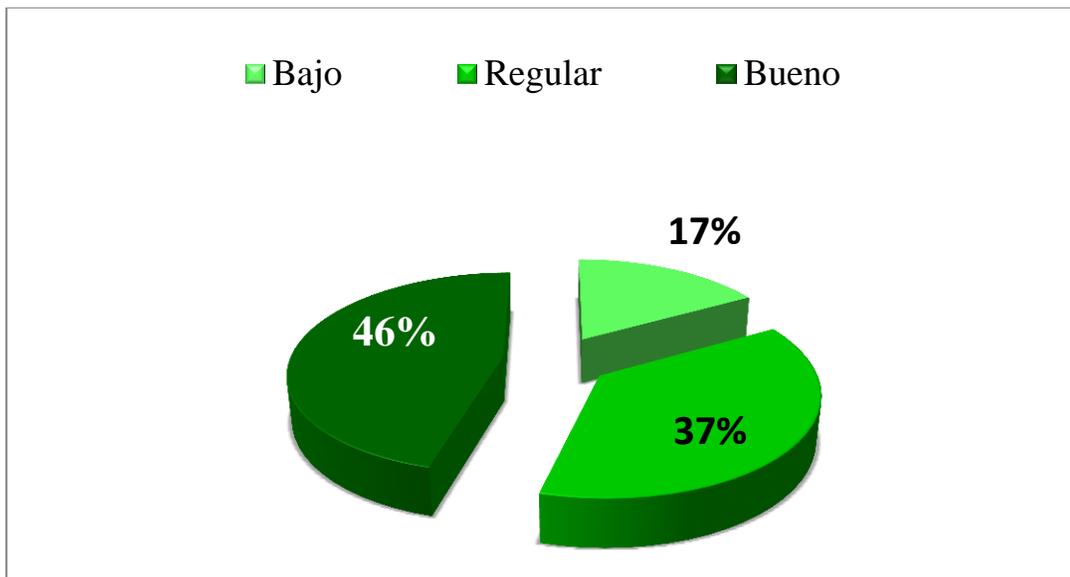


Figura 4.30 Distribución Porcentual de las Edificaciones de acuerdo al Estado General de Mantenimiento del Edificio. Fuente: Elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES



Figura 4.31 Distribución espacial de las edificaciones de acuerdo al estado general de mantenimiento del edificio.

Fuente: Elaboración propia

4.1.7. Adosamiento.

La influencia de este parámetro dentro del cálculo de la vulnerabilidad y riesgo sísmico radica más que todo en el comportamiento del grupo de edificios de una misma parcela y no únicamente en el del edificio individual, además, no sólo está el hecho de que este adosado sino el tipo de adosamiento que presente.

Es importante mencionar que todos los edificios evaluados presentaron adosamiento en alguna de sus fachadas con los edificios inmediatamente adyacentes. Por lo que sólo se analiza el tipo de adosamiento y no la presencia del mismo. Los tipos de adosamiento se presentan en la tabla 4.14, donde además se refleja que el adosamiento con mayor aparición fue el de tipo losa contra columna, tanto que según la figura 4.33 representa un 89% dentro de la muestra. Y tan sólo diecinueve (19) edificios (11%) presentaron un adosamiento de losa contra losa. Cabe destacar que, al haber la presencia de los dos (2) tipos de adosamiento para un mismo edificio se escoge el adosamiento de losa contra columna, ya que es considerado el más desfavorable.

Tabla 4.14 Distribución numérica de las edificaciones según el tipo de adosamiento de los edificios.

Tipo de adosamiento	Signo	Cantidad de edificios
Adosamiento losa-columna	ALC	147
Adosamiento losa-losa	ALL	19

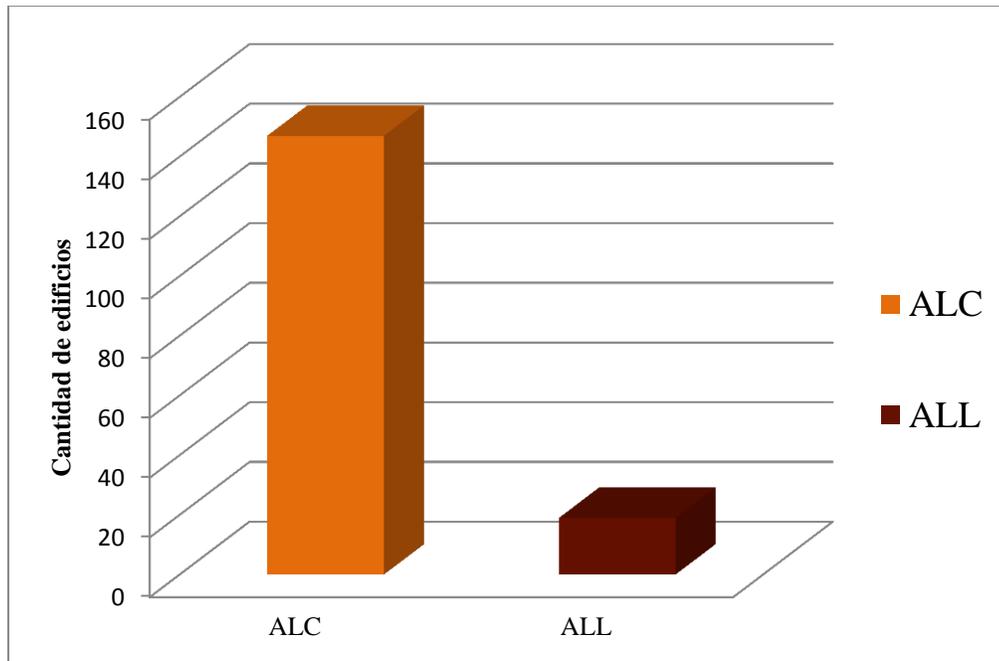


Figura 4.32 Distribución numérica de las edificaciones según el tipo de adosamiento de los edificios. Fuente: Elaboración propia.

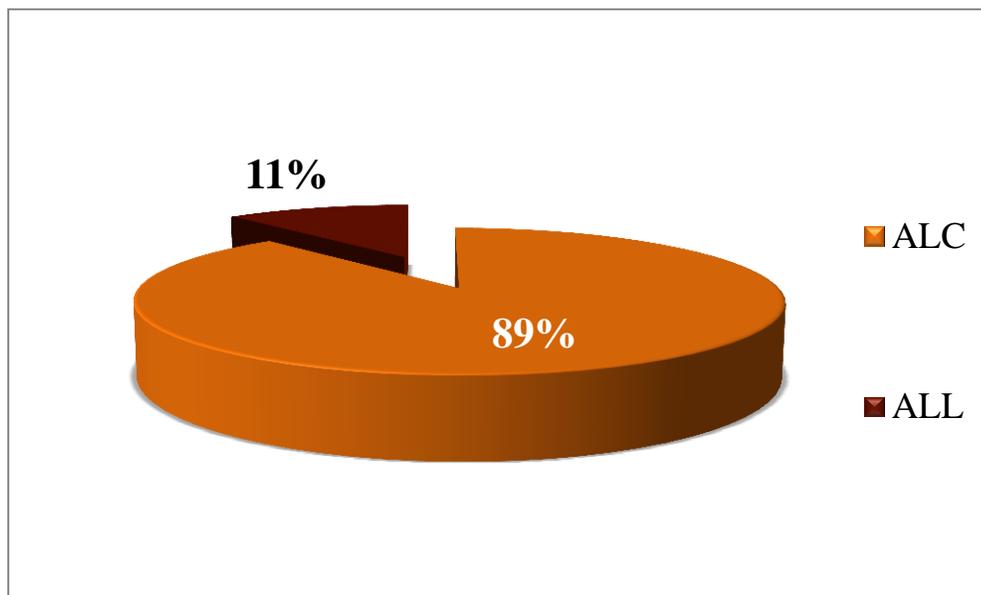


Figura 4.33 Distribución porcentual de las edificaciones según el tipo de adosamiento de los edificios. Fuente: Elaboración propia.

4.1.8. Uso de la edificación.

Para el presente trabajo se considera importante saber el uso que tiene cada edificación ya que es una referencia imprescindible para establecer los lineamientos para un plan de gestión local de riesgo sísmico, además es un dato que se maneja para el cálculo de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios, según las metodologías expuestas en capítulos anteriores.

La tabla 4.15 muestra los diferentes usos que tienen las edificaciones estudiadas dentro de la Parroquia Catedral, además, que muchas de ellas tienen más de un uso, sin embargo, es el uso comercial el que tiene mayor participación (Figura 4.34), con un 31% del total de la muestra estudiada, tal como lo indica la figura 4.35. Otro de los usos que tiene mayor demanda en la zona estudiada es el residencial/comercial con un 20%, lo que equivale aproximadamente a treinta y tres (33) edificios. Este tipo de uso es muy común encontrarlo en edificios de altura que dedican la planta baja y primer piso a uso comercial, ocupando el resto con viviendas unifamiliares y/o multifamiliares.

El uso comercial, esta vez en combinación con el uso de oficina, es el tercer uso con mayor presencia (figura 4.34) con el 14% de participación. Y para el uso de sólo oficina se tienen once (11) edificios lo que corresponde a un 7%. El resto de los usos que tienen los demás edificios, los cuales también aparecen en la tabla 4.15, tienen una menor presencia en la zona estudiada, con menos de diez (10) edificios cada uno, excepto el de uso gubernamental del cual se inspeccionaron diez (10) edificios (6%).

Los edificios de uso médico-asistencial, al igual que los gubernamentales son considerados edificios esenciales, sin embargo se inspeccionó tan sólo un edificio dentro de la muestra estudiada, teniendo un peso insignificante del total evaluado (figura 4.35).

En cuanto a la distribución espacial de todos estos edificios es bastante dispersa, tal como lo presenta la figura 4.36, en donde se visualiza que no hay sectorización de acuerdo al uso de los edificios.

Tabla 4.15 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al uso.

Uso de la edificación	Cantidad de edificios
Comercial	51
Comercial/Oficina	24
Cultural	5
Educativo	5
Gubernamental	10
Oficina	11
Otro	6
Religioso	6
Residencial/Comercial	33
Vivienda Multifamiliar	4
Educativo/Comercial	6
Médico-Asistencial	1
Vivienda Unifamiliar	1
Gubernamental/Comercial	3

Fuente: Elaboración propia.

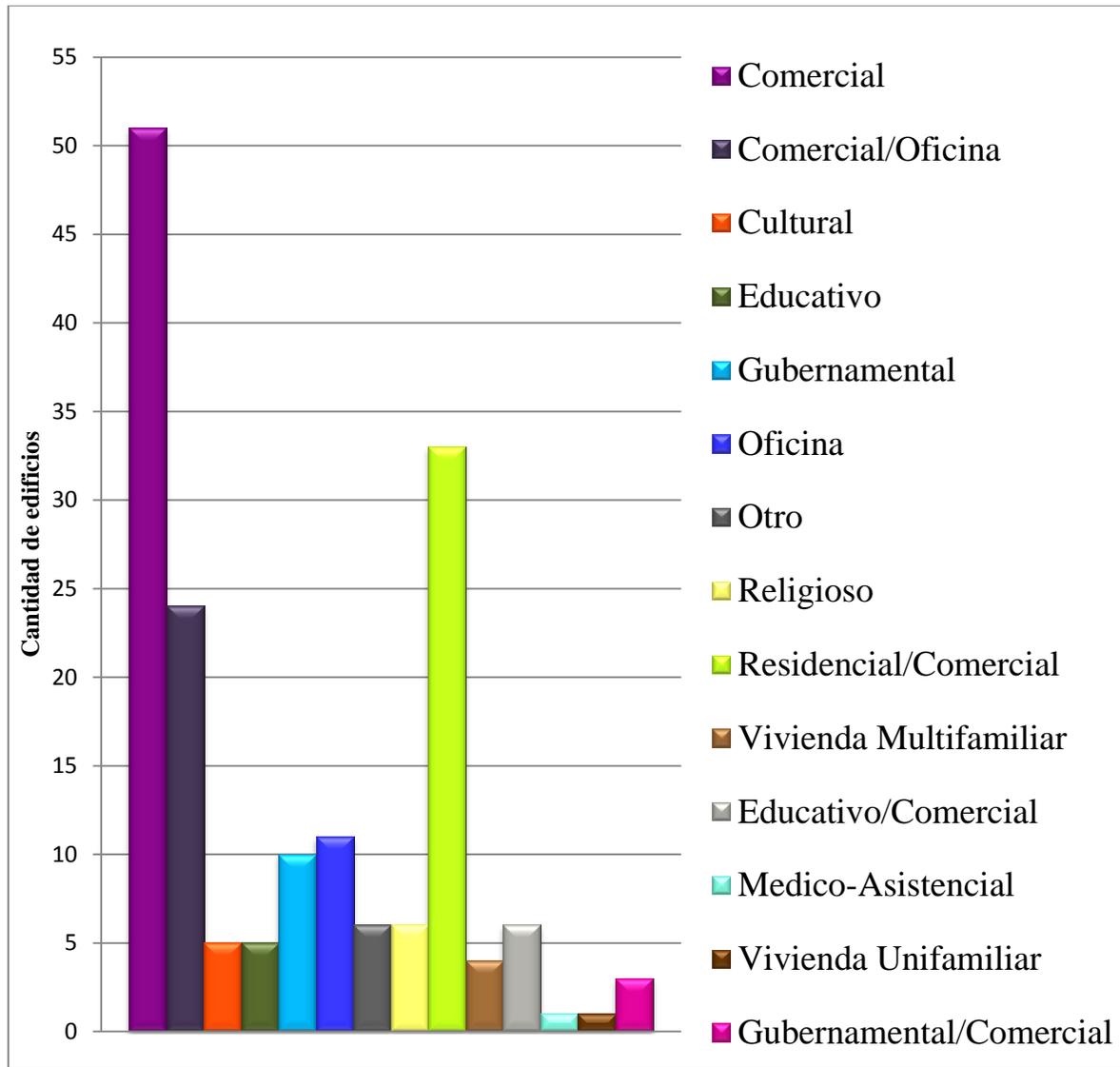


Figura 4.34 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al uso.

Fuente: Elaboración propia.

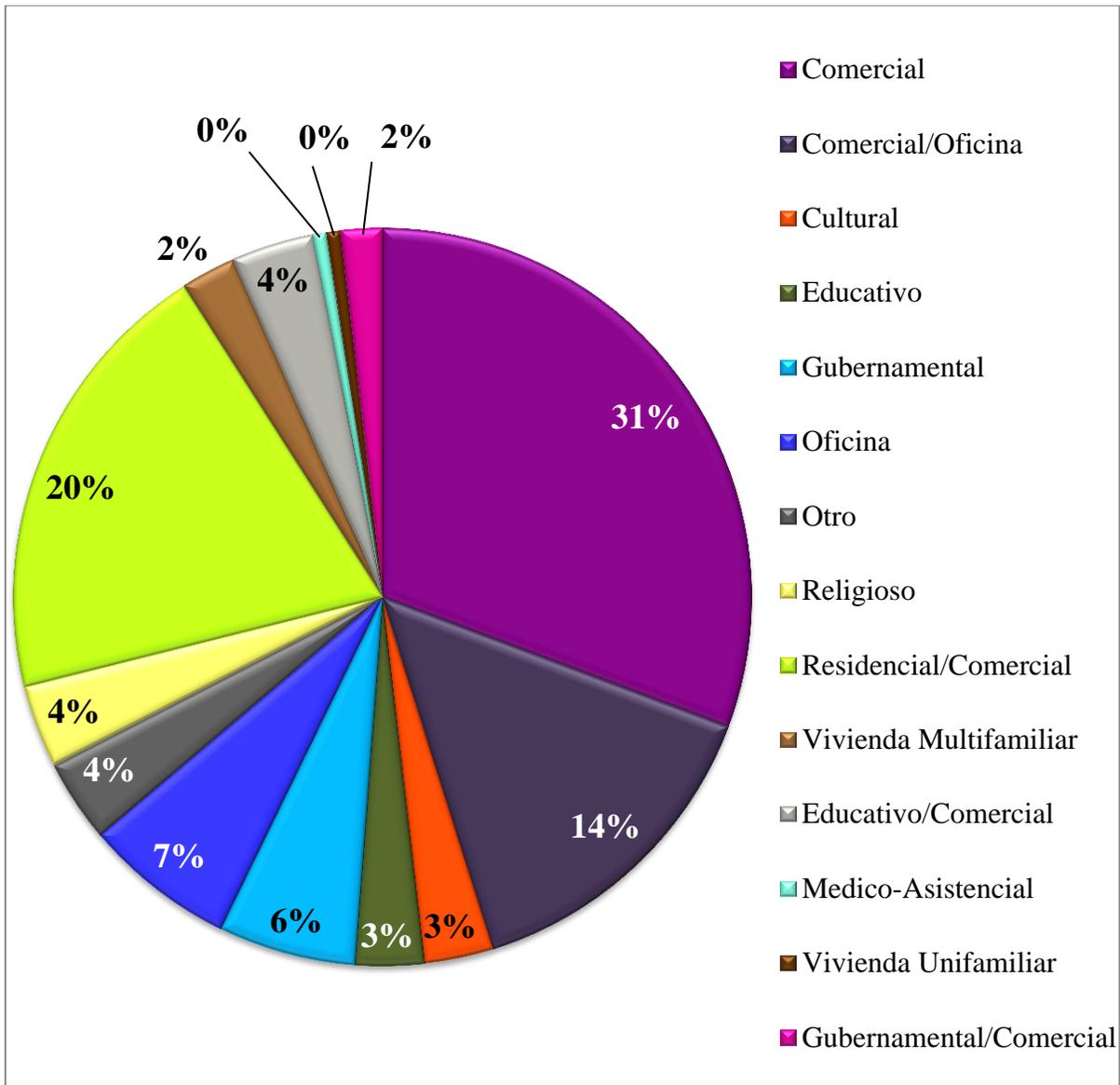


Figura 4.35 Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo al uso.

Fuente: Elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES

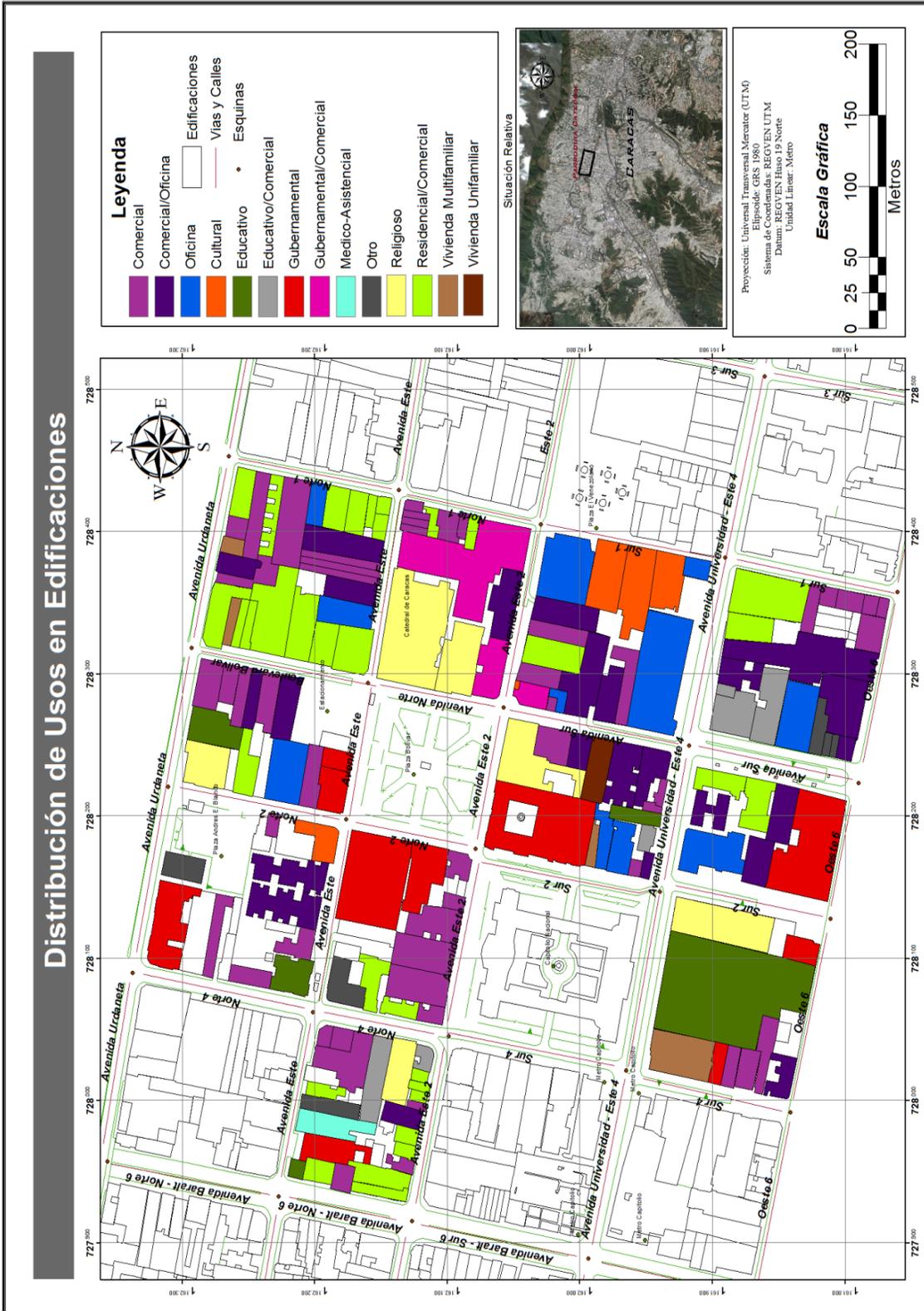


Figura 4.36 Distribución espacial de las edificaciones de acuerdo al uso. Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Capacidad de ocupación.

Una vez evaluada la distribución de los edificios por cantidad de pisos, se puede encontrar mucha relación con la distribución de los mismos respecto a la capacidad de ocupación, la cual fue evaluada en base a los rangos presentados en la tabla 4.16. Con un 52% se observa que el rango con mayor ocupación es el correspondiente al de once (11) a cien (100) personas (figura 4.38) y si se relaciona la figura 4.39, distribución espacial de los edificios de acuerdo a la capacidad de ocupación, con la figura 4.17 presentada anteriormente, distribución espacial de los edificios según el número de pisos, se podrá observar la correspondencia de las edificaciones, es decir, que en su mayoría a los edificios de cero (0) a tres (3) pisos le corresponde un rango de ocupación de once (11) a cien (100) personas.

Otra similitud se encuentra en los edificios de mayor altura (de 21-24 pisos) a los cuales están asociados el rango de mayor cantidad de personas (más de 1000 personas). Por otro lado, con un 28% equivalente a cuarenta y siete (47) edificios dentro de la muestra estudiada, se registraron edificios con un rango de ocupación de ciento uno (101) a quinientos (500) personas. Luego, un 16% de edificios poseen una capacidad de ocupación menor a 10 personas y comparando con gráficos anteriores, estos edificios corresponden con los de uso comercial y donde además hay pocos pisos. Por último, están los edificios con un rango de ocupación de quinientos uno (501) a mil (1000) personas, con apenas un 3% de participación.

Tabla 4.16 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan.

Rango de ocupación	Cantidad de edificios
Menor igual a 10	26
11-100	87
101-500	47
501-1000	5
Mayor a 1000	1

Fuente: Elaboración propia.

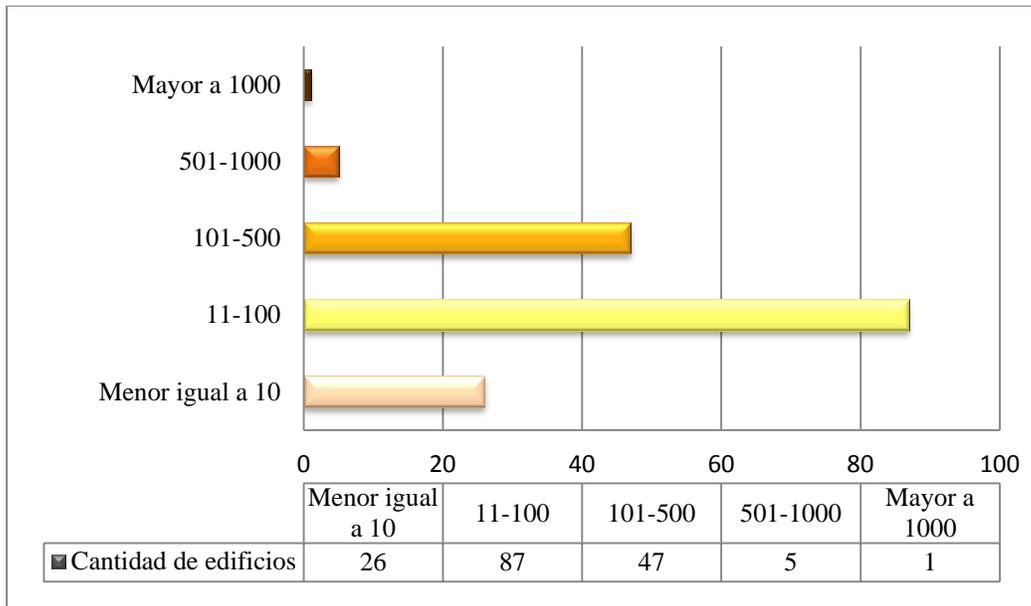


Figura 4.37 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan. Fuente: Elaboración propia.

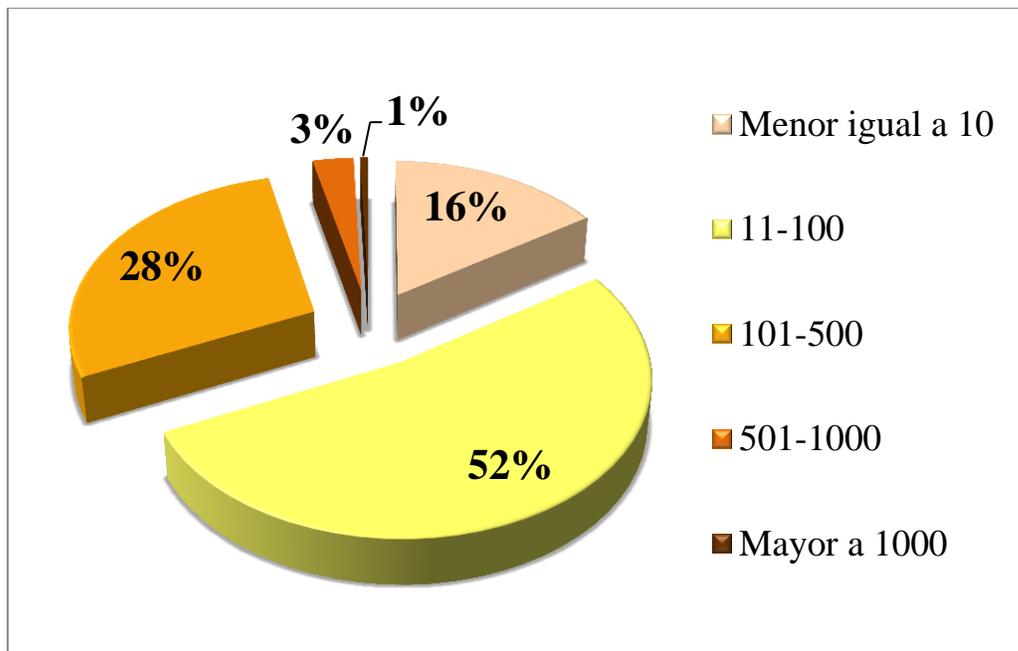


Figura 4.38 Distribución porcentual de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan. Fuente: Elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES

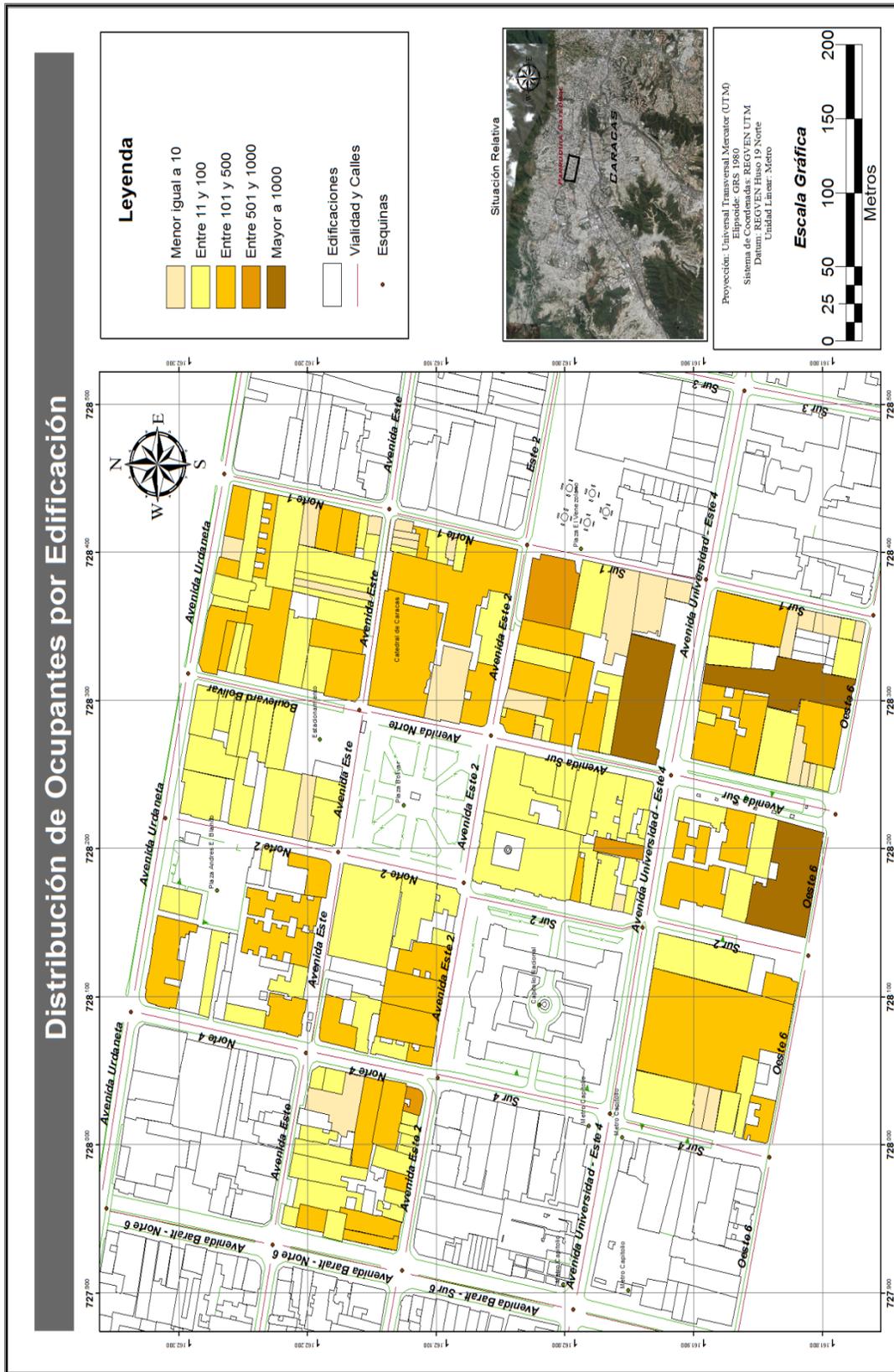


Figura 4.39 Distribución espacial de las edificaciones de acuerdo a la cantidad de personas que la ocupan. Fuente: Elaboración propia

4.1.10. Turno de mayor ocupación.

Para una mayor comprensión de esta clasificación es necesario compararla con la correspondiente a la distribución de los edificios de acuerdo al uso del mismo, justificando que de acuerdo a la figura 4.41, el mayor porcentaje (78%) lo tiene el correspondiente al turno de mañana/tarde, el cual es uno de los dos presentados en la tabla 4.17, concordando a su vez con que el uso de mayor presencia es el correspondiente al comercial y comercial/oficina. El 22% restante se le puede atribuir a las edificaciones donde se presenta un uso residencial, y de acuerdo a la figura 4.35 y 4.41 los porcentajes son prácticamente similares. Además, esto se puede constatar superponiendo las figuras 4.36 y 4.42 las cuales corresponden a la distribución espacial de las clasificaciones mencionadas anteriormente.

Tabla 4.17 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación.

Turnos de Ocupación	
Mañana/Tarde	Todo el día
129	37

Fuente: Elaboración propia.

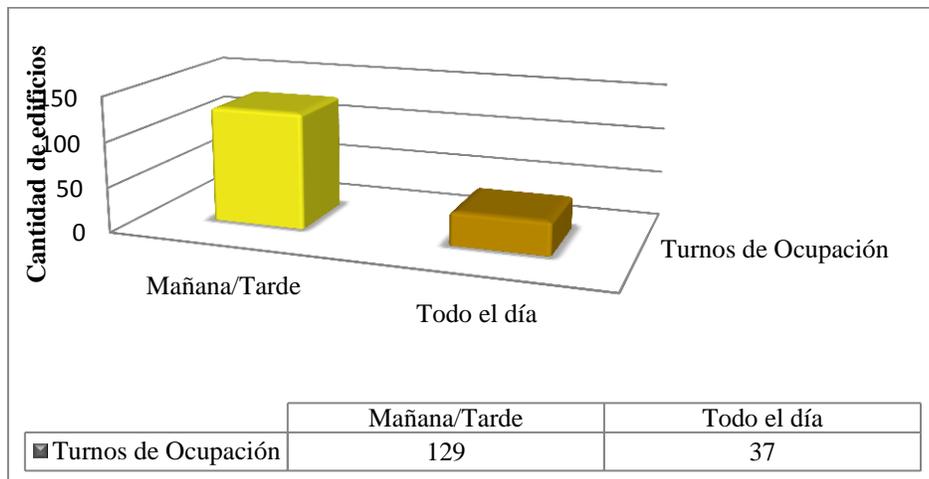


Figura 4.40 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación. Fuente: Elaboración propia.

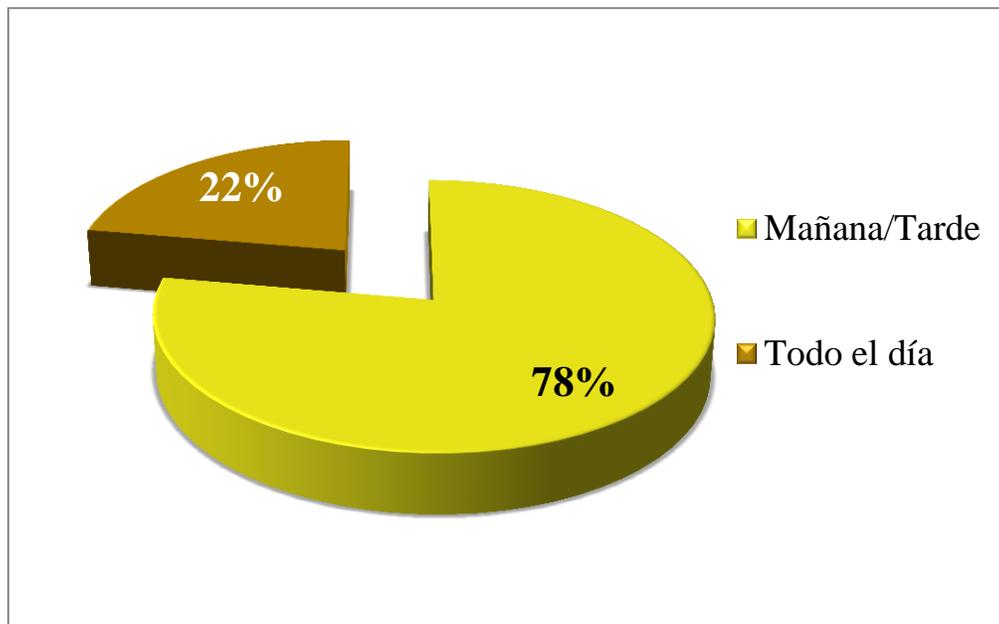


Figura 4.41 Distribución numérica de las edificaciones de acuerdo al turno de ocupación. Fuente: Elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES OBSERVADAS EN LAS EDIFICACIONES



CAPÍTULO V

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS

Para el estudio de los Escenarios de Riesgo Sísmico es indispensable la evaluación de Índices de Amenaza Sísmica presente en la zona de estudio, la cual viene asociada en forma simplificada a los valores del coeficiente de la aceleración del terreno en roca (A_0) (FUNVISIS, 2009). Tal como se había definido en el Capítulo III del presente trabajo, la evaluación de los escenarios se efectúa en función de tres métodos para la determinación de los Índices de Vulnerabilidad Sísmica asociado a cada edificio.

5.1. ESCENARIOS DE AMENAZA SÍSMICA.

La Ciudad de Caracas se ubica de acuerdo a la Norma COVENIN 1756-2001 (COVENIN, 2001) en la zona sísmica 5, presenta un peligro sísmico elevado con un coeficiente de aceleración A_0 de 0,30 (g) tal como se indica en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Valores de A_0 Norma COVENIN 1756-2001.

Zonas Sísmica	Peligro Sísmico	A_0
7	Elevado	0,40
6		0,35
5		0,30
4	Intermedio	0,25
3		0,20
2	Bajo	0,15
1		0,10
0		-

Fuente: (COVENIN, 2001)

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Sin embargo el Proyecto de Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Caracas y Barquisimeto presenta un estudio más detallado de los coeficientes de aceleración en roca clasificándolas en Macrozonas (FUNVISIS, 2009) tal como se muestra en la Figura 5.2. Este proyecto además, presenta una clasificación de Microzonas, las cuales incorpora los espesores de sedimentos en el Área Metropolitana de Caracas derivadas de un grupo de perfiles (GP-). Ver Figura 5.1. Para el caso específico de la Parroquia Catedral, la zona en estudio se encuentra entre dos de estos perfiles indicados en la Tabla 5.2. Donde H representa el espesor del depósito hasta el basamento rocoso en metros y $V_{s,30}$ corresponde a la velocidad promedio de las ondas de corte en los 30 metros superficiales del suelo en m/s. Tomado de (Hernández, 2009).

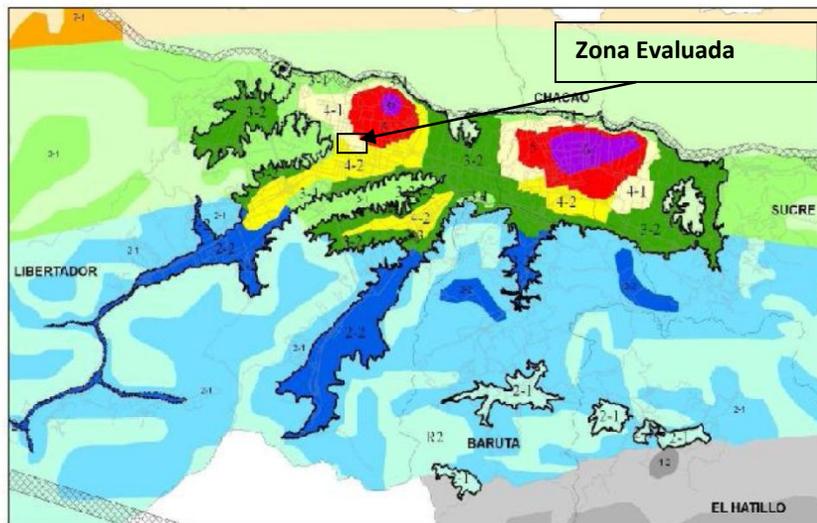


Figura 5.1: Microzonas del Área Metropolitana de Caracas. (FUNVISIS, 2009)

Tabla 5.2: Espesor de depósitos y velocidad de ondas presente en la zona de estudio.

Microzona	Característica
4-1	$60 < H \leq 120$; $V_{s,30} > 325$
4-2	$60 < H \leq 120$; $185 < V_{s,30} \leq 325$

Fuente: Adaptado de (Hernández, 2009).

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

La zona evaluada, constituida por 166 edificaciones de la Parroquia Catedral se ubican en la Macrozona Centro Norte (CN), en esta franja se establece un coeficiente de aceleración del terreno en roca A_0 de 0,28 g y una aceleración para un periodo de 1 segundo de 0,245 tal como se evidencia en la figura 5.2.

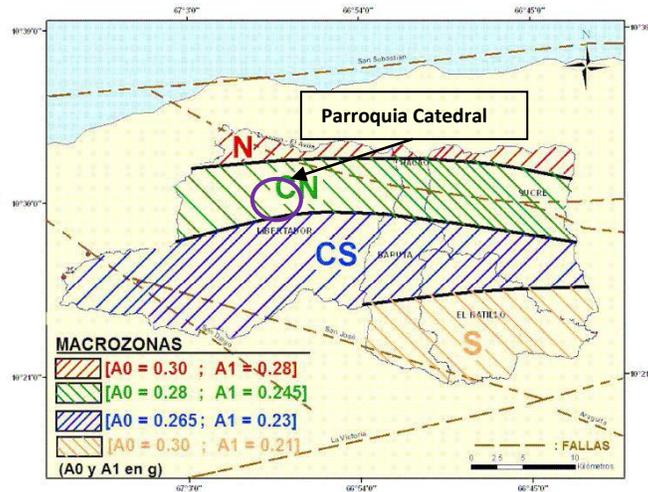


Figura 5.2: Macrozonas del Área Metropolitana de Caracas. Fuente: (FUNVISIS, 2009).

Para la determinación de los tres escenarios de Amenaza Sísmica, se emplearán tres Índices de Amenaza I_A , donde cada uno tendrá la labor de caracterizar a cada escenario. Los mismos se han determinado en función de los coeficientes de aceleración A_0 asociados a algún evento de significativa importancia o relacionados a aspectos normativos.

a) El primer escenario está asociado al Terremoto de Caracas de 1967. Para este evento sísmico según (Hernández, 2009) se puede estimar un coeficiente de aceleración horizontal de 0,10 g. El índice de Amenaza I_A correspondiente a este A_0 ha sido determinado mediante una proporción directa entre el rango de A_0 sin efectos topográficos (0g-0,40g) y el rango de valores I_A (0 - 0,9), (FUNVISIS, 2011). Estos valores se pueden evidenciar en la Tabla 5.3.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Tabla 5.3: Valores de I_A para terreno sin efectos topográfico en la Ciudad de Caracas.

A₀	I_A
(g)	Sin Efectos Topográficos
0,40	0,90
0,35	0,80
0,30	0,68
0,25	0,56
0,20	0,45
0,15	0,34
0,10	0,23

Fuente: Adaptado de (FUNVISIS, 2011).

Asumiendo a la zona en estudio ubicada en un terreno sin efectos topográficos, tenemos que para este primer escenario el I_A corresponde al valor de 0,23.

b) El segundo escenario está asociado al Sismo de Diseño para Edificaciones comunes, con aproximadamente 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, equivalente a 475 años de periodo medio de retorno. El valor de A_0 asociado a este sismo fue determinado por el Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas (PMZS-CCS) arrojando un valor de 0,28 g (FUNVISIS, 2009). El valor de I_A correspondiente a este A_0 es tomado del Informe Técnico para la determinación de Índices de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico. (FUNVISIS, 2011). En el cual se muestran diferentes valores de I_A asociados a los valores de A_0 presentados para las diferentes Macrozonas indicadas en la Figura 5.2. El valor de I_A asociado a la Macrozona Centro Norte y sin efectos topográficos corresponde a 0,64 según Tabla 5.4. Este sismo se puede comparar con el ocurrido en Caracas en 1812 (Hernández, 2009).

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Tabla 5.4: Valores de I_A asociados a las Macrozonas.

Macrozona	A_0 (g)	I_A Sin Efectos Topográficos
Sur	0,3	0,68
Centro Sur	0,265	0,6
Centro Norte	0,28	0,64
Norte	0,3	0,68

Fuente: Adaptado de (FUNVISIS, 2011)

c) El tercer y último escenario está asociado al coeficiente de aceleración de un sismo de dimensiones extraordinarias con aproximadamente 975 años de periodo medio de retorno. Este evento se asume como sismo de diseños para edificaciones esenciales correspondiente al Grupo A de la Norma COVENIN 1756-2001 (COVENIN, 2001), de acuerdo a esta norma el factor de importancia α relacionado a tal grupo corresponde al valor de 1,30. Para la determinación del I_A correspondiente a este escenario, se asume su valor como una relación de proporción directa entre el valor de I_A empleado en el escenario anterior $I_A=0,64$ y el valor de $\alpha = 1,3$. De esta manera el Índice de Amenaza para este escenario viene dado por: I_A Sismo de diseño * α Grupo A = $0,64 * 1,3 = 0,83$.

En resume, los valores correspondientes a cada escenario, se presentan en la Tabla 5.5

Tabla 5.5: Valores de Índices de Amenaza evaluado en cada escenario.

Escenario	I_A
I_{A1} Sismo de 1967	0,23
I_{A2} Sismo de Diseño	0,64
I_{A3} Sismo Extraordinario	0,83

Fuente: Elaboración propia.

5.2. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO.

Los 166 edificios de la Parroquia Catedral de Caracas estudiados en el presente Trabajo Especial de Grado, fueron evaluados a través de tres Métodos, los cuales en este capítulo se presentan de forma independiente.

En primer lugar se evalúan las edificaciones con el método propuesto por FUNVISIS (2011), seguidamente con el método Italiano (Hernandez, 2002) & (Aguiar Falconi & Bolaños, 2006) y por último el método FEMA (FEMA, 2002). De igual manera la evaluación del Riesgo Sísmico se presenta luego de la determinación de la vulnerabilidad para cada método.

La evaluación de cada uno de estos métodos, se realizó en función de una única base de datos que recopiló las características o ítems que cada método requiere para la determinación de los Índices de Vulnerabilidad.

5.2.1. Evaluación de Vulnerabilidad mediante el método FUNVISIS (2011).

La aplicación de este método a los 166 edificios de la Parroquia Catedral ha permitido establecer los valores mínimos y máximos que puede adoptar I_v para los casos más desfavorables y favorables respectivamente.

Para el caso más desfavorable de I_v se analiza a una construcción realizada antes del año 1939, cuyo sistema estructural sean muros de mampostería no confinada (MMNC). Su ubicación corresponde a la de los edificios estudiados en el presente trabajo, por lo tanto se asume su ubicación en planicie, en una microzona 4 y la macrozona es Centro Norte. Las irregularidades identificadas en este ejemplo son esbeltez horizontal, configuración en elevación en forma de “U”, ausencia de vigas altas en una o dos direcciones, presencia de al menos un entrepiso débil o blando, abertura significativa en losa, fuerte asimetría de masas y

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

adosamiento losa con columna. Además presenta severo deterioro en elementos estructurales y paredes de relleno al igual que un bajo mantenimiento general.

Al incorporar todas estas características en el método FUNVISIS, se obtiene el resultado más desfavorable presentado en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6: Valor más desfavorables para I_V . Método FUNVISIS.

Parámetro	Valor
I1 Antigüedad y norma utilizada	100,00
I2 Tipo estructural	100,00
I3 Irregularidad	60,00
I4 Profundidad del depósito	0,00
I5 Topografía	0,00
I6 Grado de deterioro	100,00
Índice de vulnerabilidad/100	0,73

Fuente: elaboración propia.

En el caso más favorable se asume una construcción correspondiente al periodo 1998-2001 la cual presenta un sistema estructural conformado por muros de concreto armado en dos direcciones horizontales, ubicada en planicie, en la microzona 4 y la macrozona Centro Norte. Su configuración en planta y elevación es rectangular y no presenta ninguna de las irregularidades tratadas en este método. Además no presenta agrietamiento en elementos estructurales ni en paredes de relleno al igual que posee un buen mantenimiento general.

Se presenta en la Tabla 5.7 el valor de I_V así como los valores de cada parámetro evaluado en correspondencia a las características antes descritas.

Tabla 5.7: Valor más favorables para IV. Método FUNVISIS.

Parámetro	Valor
I1 Antigüedad y norma utilizada	15,00
I2 Tipo estructural	10,00
I3 Irregularidad	0,00
I4 Profundidad del depósito	0,00
I5 Topografía	0,00
I6 Grado de deterioro	0,00
Índice de vulnerabilidad	0,07

Fuente: elaboración propia.

5.2.1.1. Ejemplo de la determinación del IV en un edificio mediante el método FUNVISIS.

El edificio evaluado ha sido seleccionado sin ningún criterio en específico, la finalidad es presentar la aplicación del método sobre un elemento de la muestra de los 166 edificios. El mismo concierne al Edificio Las Gradillas “B” cuyo código catastral corresponde al 04-01-15-12, ubicado en la esquina Gradillas, fue construido en el año de 1954 y por tanto se asocia al periodo de 1948-1955, se encuentra en un terreno relativamente en planicie, en la microzona 4 y la macrozona Centro Norte. El tipo estructural son pórticos de concreto armado, su configuración en planta es en forma de “U” y su configuración en elevación es rectangular. En cuanto a las irregularidades, presenta ausencia de vigas altas en una dirección, columnas cortas, fuerte asimetría de masas o rigideces en planta y adosamiento con los edificios inmediatamente adyacente del tipo losas con columna. No presenta daño en los elementos estructurales pero si en paredes de relleno, por lo cual se califica como moderado, el mantenimiento observado fue bueno.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Incorporando todas estas características en la evaluación del método se obtienen los valores presentados en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8: Determinación de I_v para el Edif. Las Gradillas “B”. Método FUNVISIS.

Parámetro	Valor
I1 Antigüedad y norma utilizada	80,00
I2 Tipo estructural	40,00
I3 Irregularidad	55,00
I4 Profundidad del depósito	0,00
I5 Topografía	0,00
I6 Grado de deterioro	10,00
Índice de vulnerabilidad	0,49

Fuente: elaboración propia.

Toda la información asociada a las características estructurales, de uso y de sus ocupantes se puede revisar en el Anexo “C” Mientras que los valores de I_v de este y los restantes 165 edificios se presentan en el Anexo “D”.

5.2.1.2. Evaluación de edificio colapsado en sismo de 1967 en la ciudad de Caracas con el Método FUNVISIS.

Con la finalidad de establecer un marco de referencia para los valores obtenidos y realizar una agrupación de esto, mediante rangos cualitativos, se presenta la evaluación a través de este método del Edificio Mijagual. Este edificio ubicado en Los Palos Grandes, colapsó durante el sismo de Caracas de 1967, presentaba 11 plantas, era de carácter residencial, conformado por pórticos de concreto armado rellenos de paredes y construido con la norma del año 1955. Se ubicaba en un terreno en planicie, macrozona centro norte y microzona 6. Tenía una planta baja débil y carecía de vigas altas en una dirección. Se desconoce indicios de deterioro en elementos estructurales y paredes, su estado general de mantenimiento se catalogaba como regular. (FUNVISIS, 2011).

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Incorporando todas estas características en la evaluación por el Método FUNVISIS se arroja en la tabla 5.9 el resultado en el cálculo de I_v .

Tabla 5.9: Índice de vulnerabilidad para el Edificio Majagual.

Parámetro	Valor
I1 Antigüedad y norma utilizada	100,00
I2 Tipo estructural	40,00
I3 Irregularidad	35,00
I4 Profundidad del depósito	100,00
I5 Topografía	0,00
I6 Grado de deterioro	5,00
Índice de vulnerabilidad	0,59

Fuente. Elaboración propia

En función de este valor numérico obtenido para I_v , se proponen los siguientes rangos cualitativos de vulnerabilidad, que caracterizaran a cada una de las estructuras evaluadas en el presenta trabajo.

$I_v > 0,50$ Vulnerabilidad Alta.

$0,30 < I_v \leq 0,50$ Vulnerabilidad Moderada.

$I_v \leq 0,30$ Vulnerabilidad Baja.

Estos rangos se han establecidos para el valor de referencia I_v Referencia FUNVISIS =0,59 obtenido para el Edif. Mijagual, el cual presentando la calificación indicada de I_v , colapsó, por tanto, se consideran de alta vulnerabilidad aquellos valores cercanos al de este edificio. Estos rangos se establecen a criterio y con base en los resultados obtenidos para estos edificios.

5.2.1.3. Evaluación de vulnerabilidad sísmica presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Una vez establecido los rangos cualitativos antes descritos se presenta la información estadística obtenida mediante la aplicación del Método FUNVISIS a las 166 edificaciones estudiadas. Los valores de I_v obtenidos para cada edificio se presentan en el Anexo “D”.

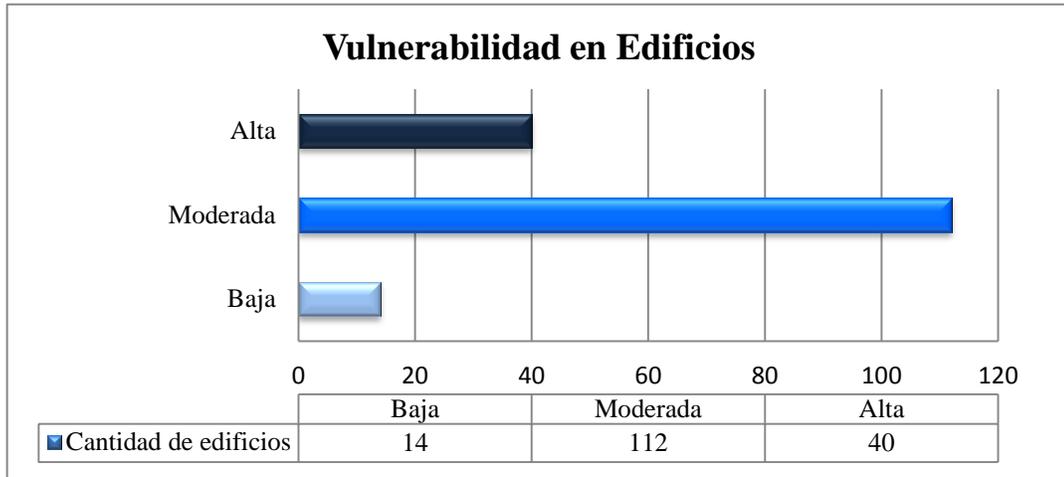


Figura 5.3: Distribución numérica de vulnerabilidad. Método FUNVISIS (2011). Fuente: elaboración propia.

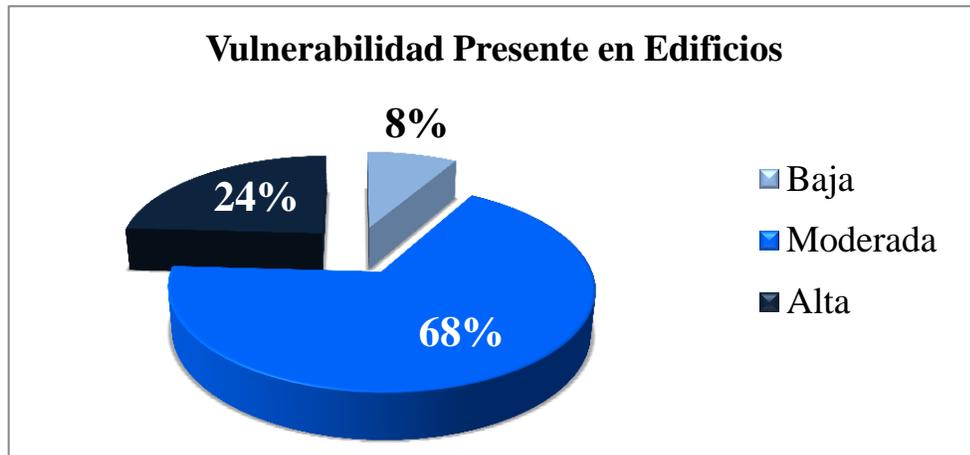


Figura 5.4: Distribución porcentual de vulnerabilidad. Método FUNVISIS (2011). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

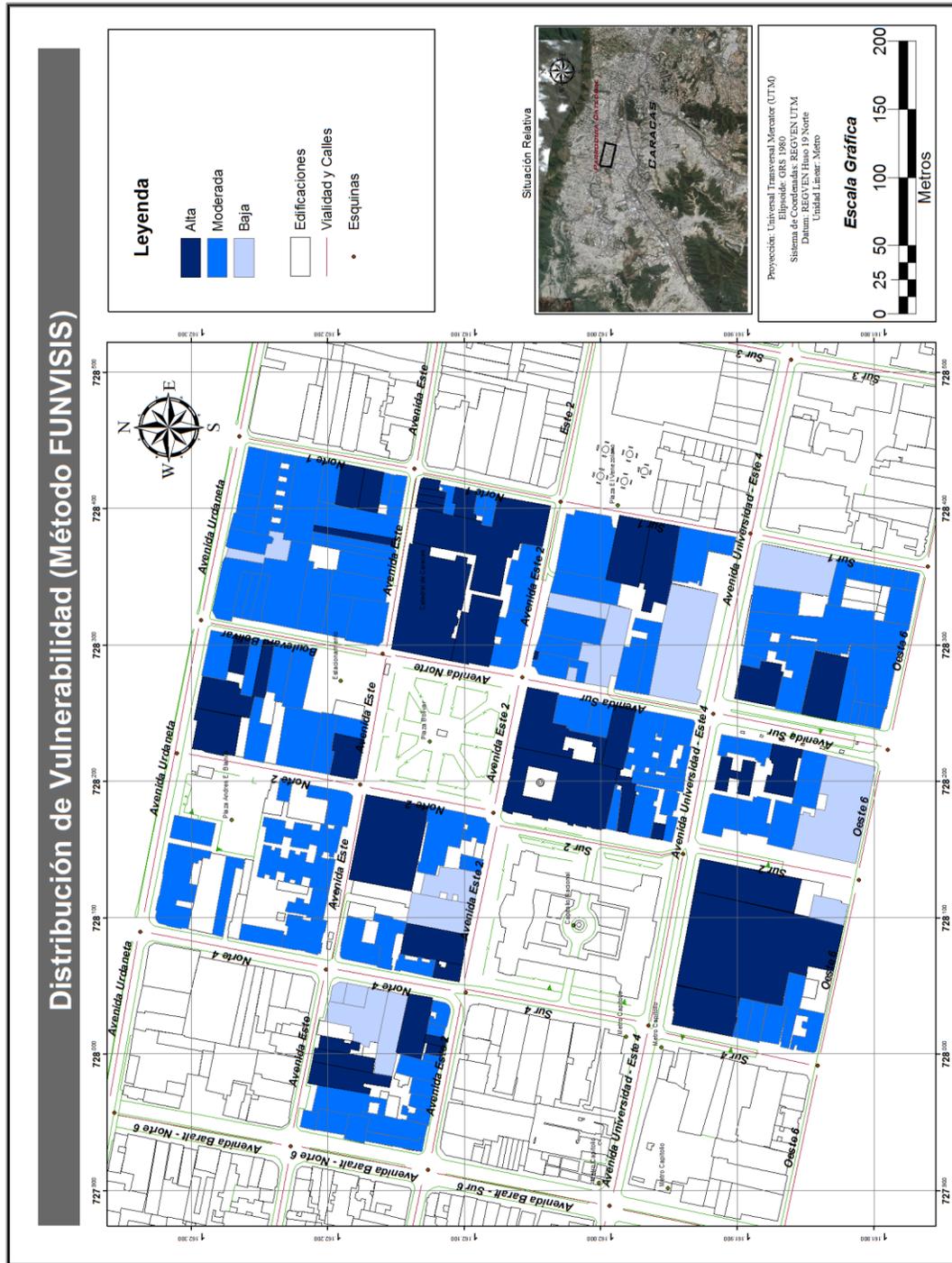


Figura 5.5: Distribución espacial de vulnerabilidad. Método FUNVISIS (2001). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

En la determinación de los I_v para la muestra de 166 edificios a través del Método FUNVISIS, se evidencia que la mayoría de las edificaciones se encuentra en una vulnerabilidad moderada, representando en términos porcentuales el valor de 68% correspondiente a 112 edificaciones del total de la muestra. Seguidamente 40 edificaciones presentan vulnerabilidad alta, dentro de las que es importante mencionar a las construcciones de mampostería no confinada, ya que la mayoría de estas edificaciones presentaron un Índice de Vulnerabilidad igual o superior a 0,6.

Dentro de estas edificaciones que presentaron tan alarmante calificación se encuentra la Catedral de Caracas, la cual presentó el I_v más alto de toda la muestra evaluada a través de este método, de igual manera se puede mencionar El Museo Sacro, La Iglesia Santa Capilla y El Palacio de las Academias, Sede del Consejo Municipal, Sede del Gobierno del Distrito Capital y la Casa Amarilla, las cuales presentaron igual condición de vulnerabilidad. Todas estas construcciones mencionadas anteriormente corresponden a la tipología estructura de muros de mampostería no reforzada y fueron construidas mucho antes del año 1939.

En menor media pero no menos preocupantes se encuentran en vulnerabilidad baja 14 edificaciones, las cuales representa un 8 % del total evaluado. En estas construcciones se encuentran edificaciones posteriores al sismo de Caracas y las construcciones más altas evaluadas (Edif. Banco de Venezuela y Edif. José María Vargas).

En la distribución espacial de vulnerabilidad a través de la figura 5.5, se evidencia en azul oscuro las edificaciones que presentan una vulnerabilidad alta, pudiéndose observar que las mismas corresponden a construcciones de la época colonial, como la Casa Natal del Libertad Simón Bolívar, Museo Bolivariano, Iglesia San Francisco entre otras.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.2. Evaluación de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).

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

Lo valores de I_R están asociados a los Escenarios de Amenaza descritos anteriormente y por tanto se presentan tres escenarios de Riesgo Sísmico que al igual que para el Índice de Vulnerabilidad se muestran los valores en rango cualitativos.

La determinación de estos rangos está dada en función del valor numérico de I_R asociado al escenario sísmico donde ocurrió el colapso del Edificio Mijagual. Este viene dado por la expresión: $I_{R \text{ referencia FUNVISIS}} = I_{A \text{ 1(1967)}} * I_{V \text{ Referencia FUNVISIS}}$; $I_{R \text{ referencia FUNVISIS}} = 0,23 * 0,59 = 0,13$

En función del valor de referencia se establecen los siguientes rangos de Riesgo Sísmico:

$I_R \leq 0,05$	Riesgo Bajo.
$0,05 < I_R \leq 0,12$	Riesgo Moderado.
$0,12 < I_R \leq 0,25$	Riesgo Alto.
$I_R > 0,25$	Riesgo Muy Alto.

Es importante resaltar que el valor de $I_{R \text{ referencia FUNVISIS}}$ está asociado a un espesor de sedimentos mayor a 120 metros (microzona 6), mientras que los edificios de la Parroquia Catedral se ubican en la microzona 4, es decir, para un espesor de sedimentos menor a 120 metros. La evaluación de I_R para el sismo de 1967 en la microzona arroja un $I_R = 0,12$. Es por esta razón que para el valor $I_{R \text{ referencia FUNVISIS}}$ se asume un riesgo alto para las edificaciones de la Parroquia Catedral.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.2.1. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método FUNVISIS (2011).

Se presentan los resultados asociados a los escenarios de amenaza I_{A1} , I_{A2} y I_{A3}

5.2.2.1.1. Escenario de Riesgo Sísmico para IA1 (Sismo de 1967).

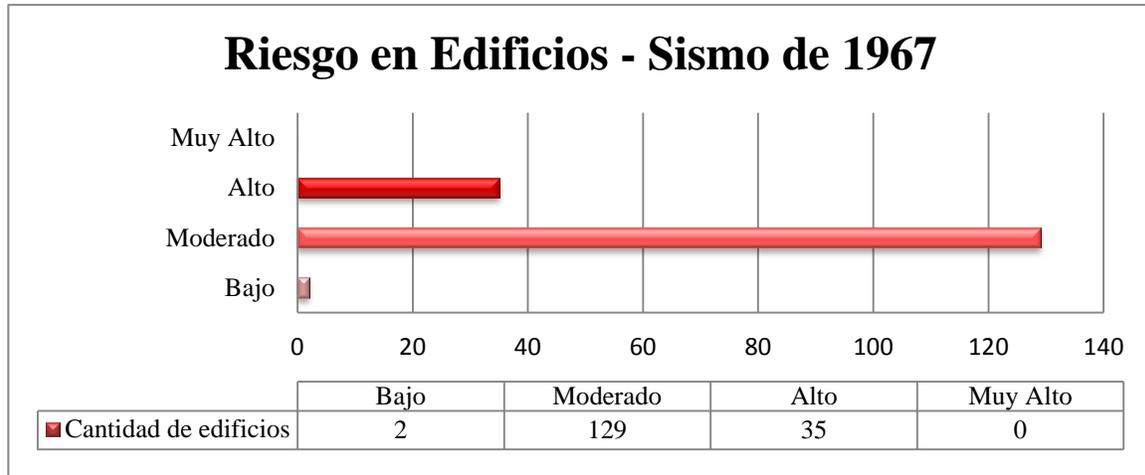


Figura 5.6: Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

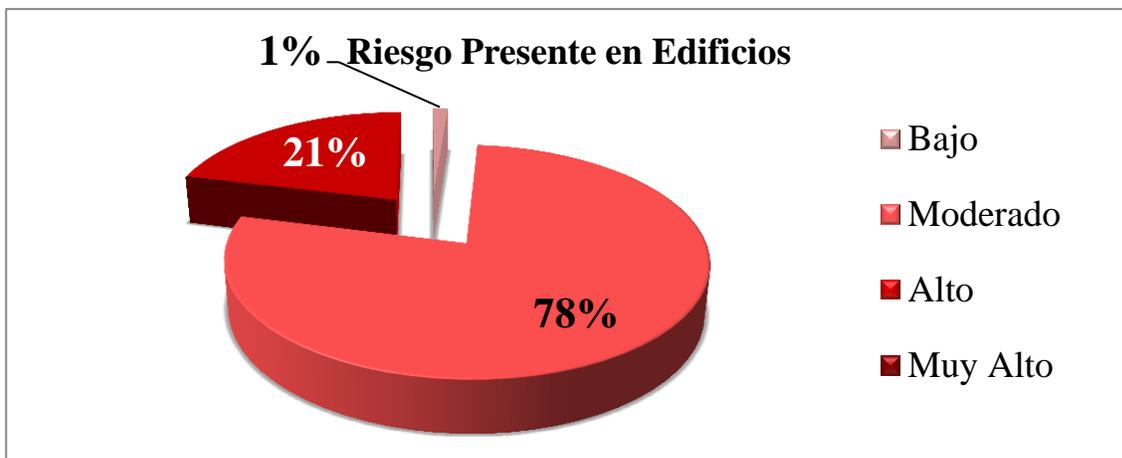


Figura 5.7: Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

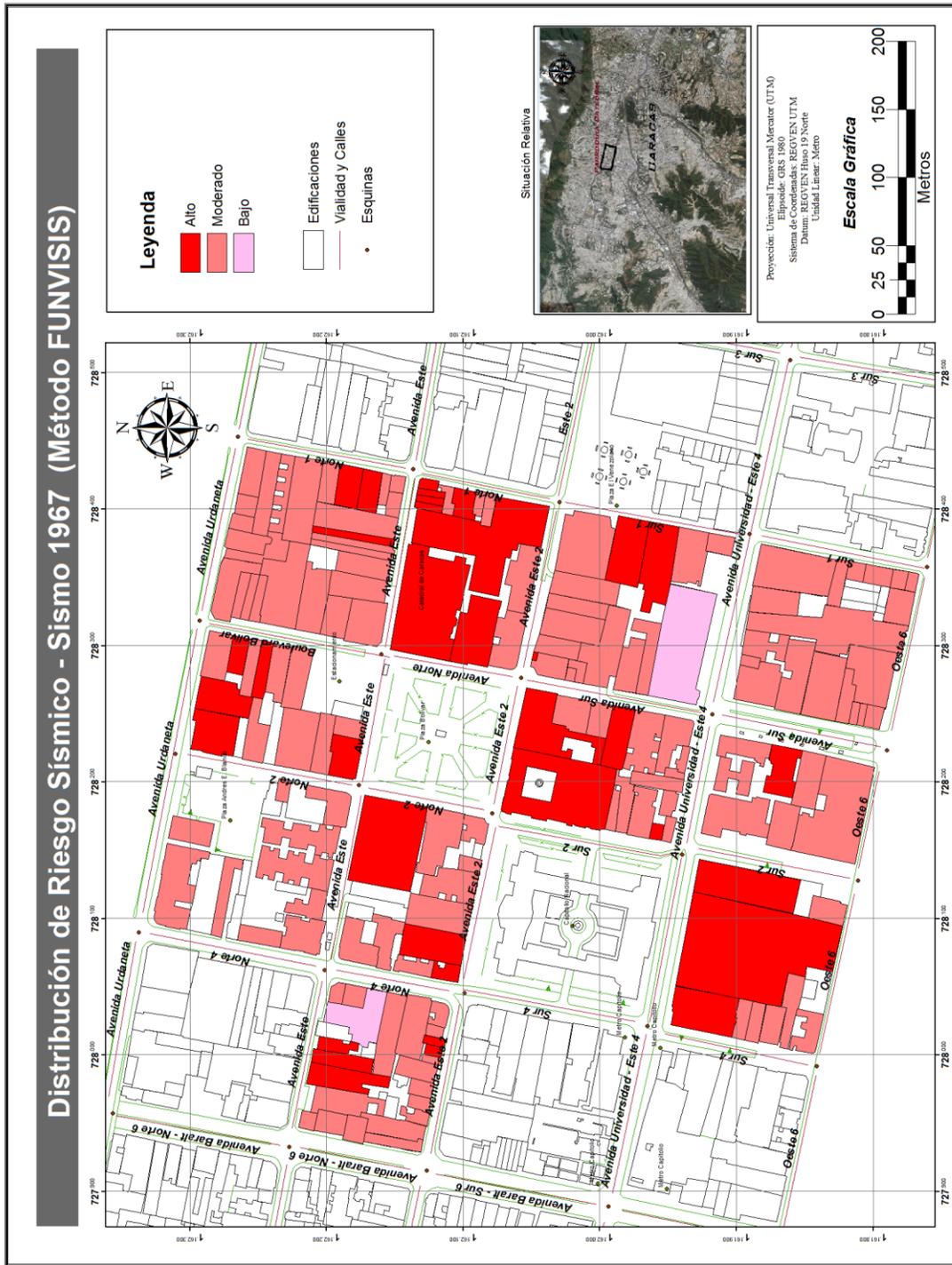


Figura 5.8: Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS. IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.2.1.2. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A2} (Sismo de Diseño).

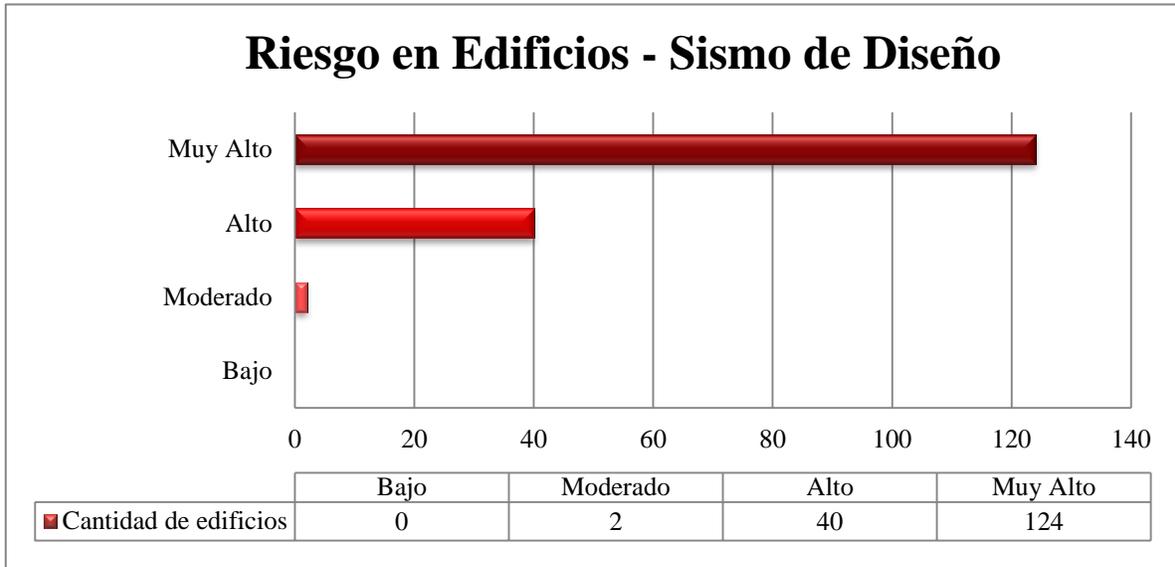


Figura 5.9: Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). I_{A2} (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

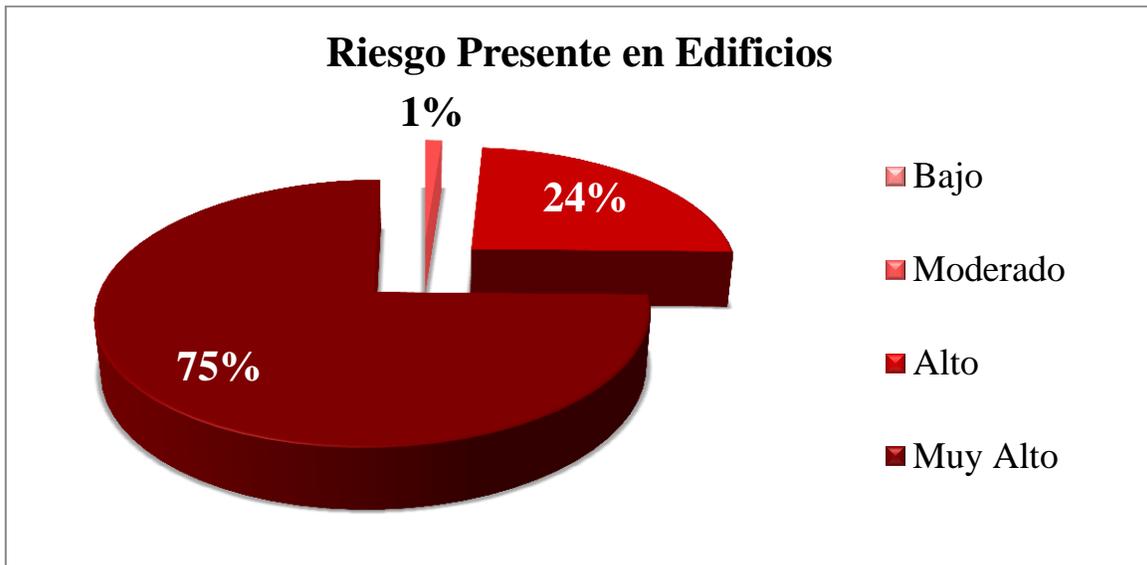


Figura 5.10: Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). I_{A2} (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.



Figura 5.11: Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). I_{A2} (Sismo de Diseño).

Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.2.1.3. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A3} (Sismo Extraordinario).

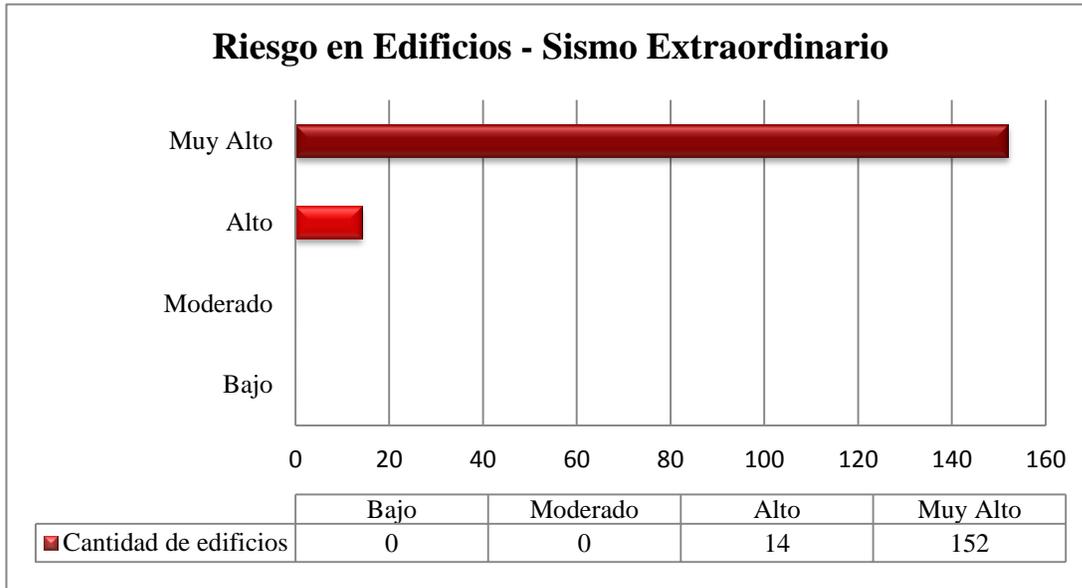


Figura 5.12: Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS. IA3 (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

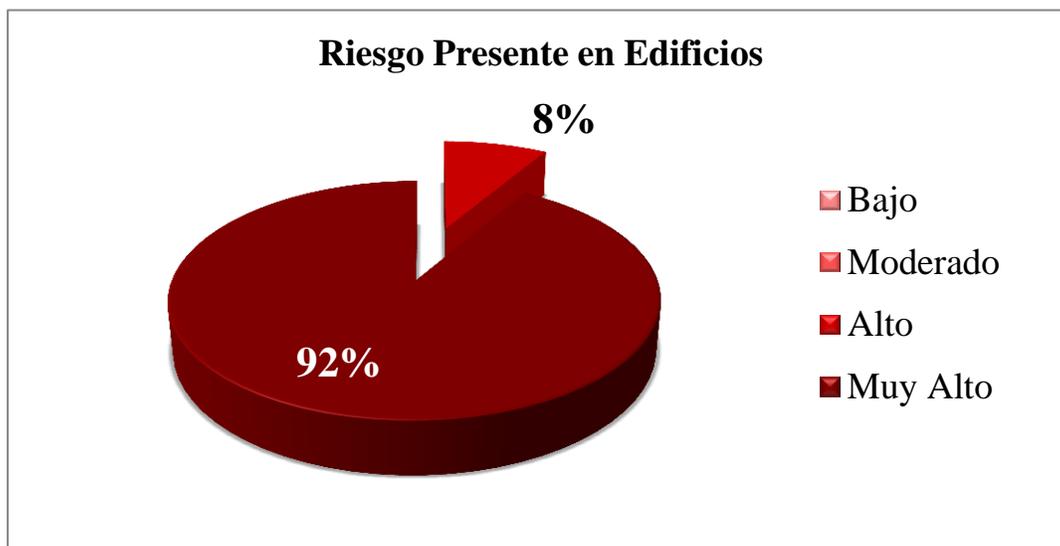


Figura 5.13: Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS. IA3 (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

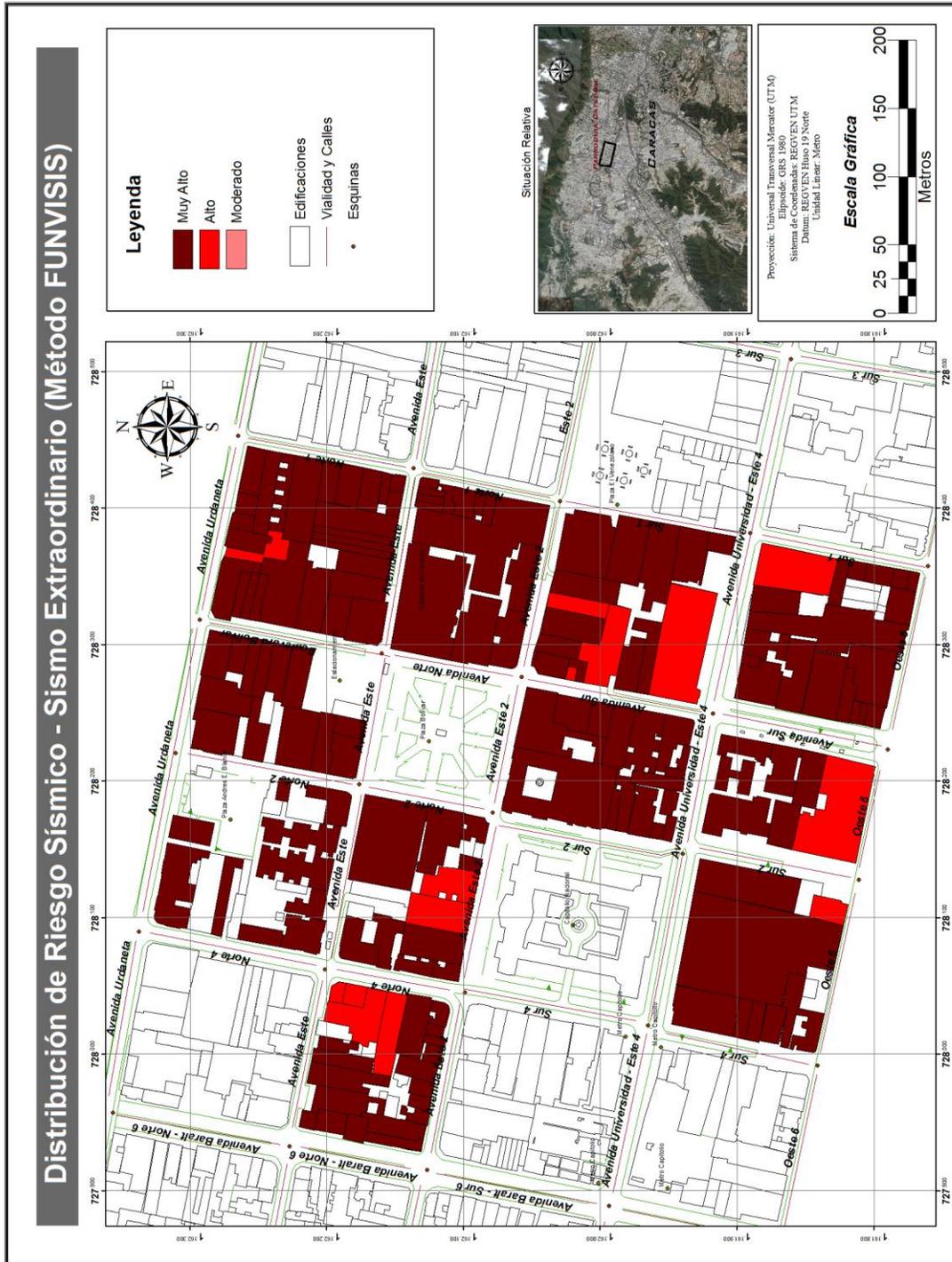


Figura 5.14: Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FUNVISIS (2011). IA3 (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

La evaluación de riesgo para el escenario asociado al sismo que causó el colapso de varias edificaciones en Caracas para el año de 1967, arroja un 78% de edificaciones en riesgo sísmico moderado, correspondiendo a 128 edificios del total evaluado, mientras que un 21% presenta un riesgo sísmico alto en este escenario representando un total de 35 edificaciones bajo esta condición, donde el valor de I_R iguala o supera al reportado por el Edif. Mijagual a través de este método. Sin menos importancia se encuentra tan solo un 1% de edificios con riesgo sísmico bajo correspondiendo al Edificio del Banco de Venezuela.

Para el escenario asociado al sismo de diseño el incremento de riesgo es considerable, de total evaluado un 75 % de las edificaciones presenta un riesgo sísmico muy alto, recayendo esta calificación sobre 124 edificios. En tanto, 40 edificios reportan un riesgo alto, 24 % del total evaluado, mientras que solo un 1 % presenta riesgo sísmico moderado. Para este escenario no se reportan edificaciones en riesgo sísmico bajo, lo que aflora un entorno de pérdida cuantiosa para la zona estudiada.

Los resultados reportados para el escenario asociado a un sismo de dimensiones extraordinarias muestra un aumento en los niveles de pérdida y se distribuye de forma masiva sobre los 166 edificios evaluados ya que más del 90% de las edificaciones se califica con un nivel de riesgo sísmico muy alto, reportando 153 edificaciones en esta condición. El restante 8 % corresponde a edificios bajo la calificación de riesgo sísmico alto con 13 edificios reportados.

Estos escenarios de Riesgo permiten identificar los elementos esenciales para la gestión del Riesgo Sísmico. En primer lugar, aquellos edificios con mayor nivel de riesgo, los cuales deban pasar a una siguiente fase de inspección y evaluación más detallada para su posible refuerzo. En segundo lugar permite identificar aquellas edificaciones relativamente más seguras, las cuales igualmente deberían pasar a una evaluación detallada con la finalidad de garantizar su óptimo desempeño sísmico e incorporarlas a los Planes de Gestión de Riesgo de manera que puedan ser destinadas a cumplir alguna función luego de ocurrido un fuerte terremoto.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.3. Evaluación de Priorización presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método FUNVISIS (2011).

El Índice de priorización se determina mediante la expresión: $I_P = I_R * I_I$. Para la determinación del valor de referencia y transformar los valores cuantitativos obtenido en cada edificio, se evalúa I_P en el escenario de Riesgo Sísmico para el sismo de diseño en el Edif. Mijagual. De esta manera se obtiene el valor $I_P = 0,38 * 0,85$; $I_P = 0,32$

Se asume $I_I = 0,85$ sabiendo que la cantidad de ocupantes en el Edif. Mijagual se estimaba de 200 habitantes y su uso era residencial. Mientras que $I_R = 0,38$ como producto de I_V Referencia FUNVISIS * I_{A2} .

En función de este valor de referencia se establecen los siguientes rangos cualitativos de evaluación para las edificaciones:

$I_P \leq 0,10$ Innecesaria.

$0,10 < I_P \leq 0,20$ Conveniente.

$0,20 < I_P \leq 0,25$ Obligatoria.

$I_P > 0,25$ Prioritaria.

A continuación se presentan los resultados estadísticos obtenidos para los 166 edificios aplicando este rango de valores cualitativos.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

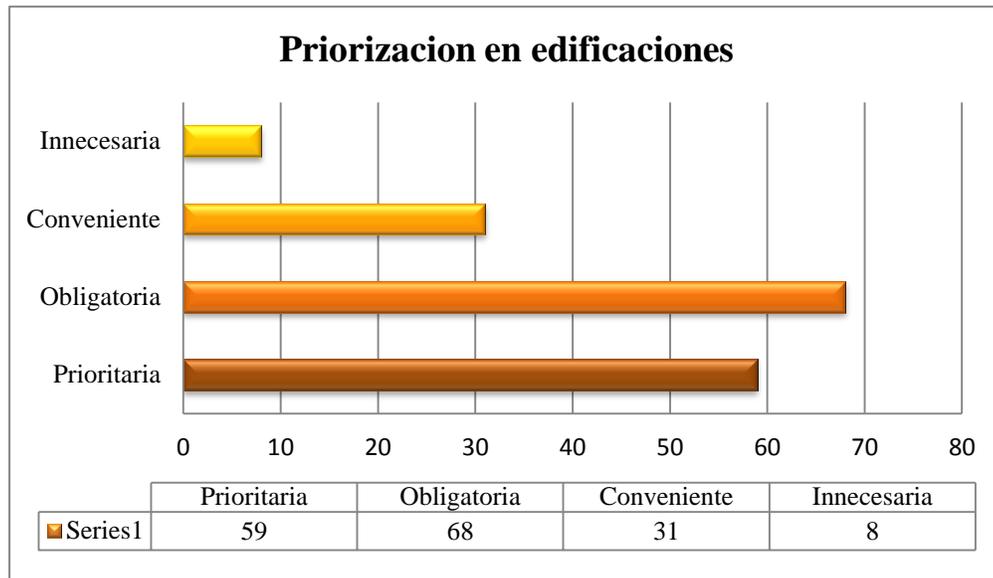


Figura 5.15: Distribución numérica de Priorización. Método FUNVISIS (2011). IA2 (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

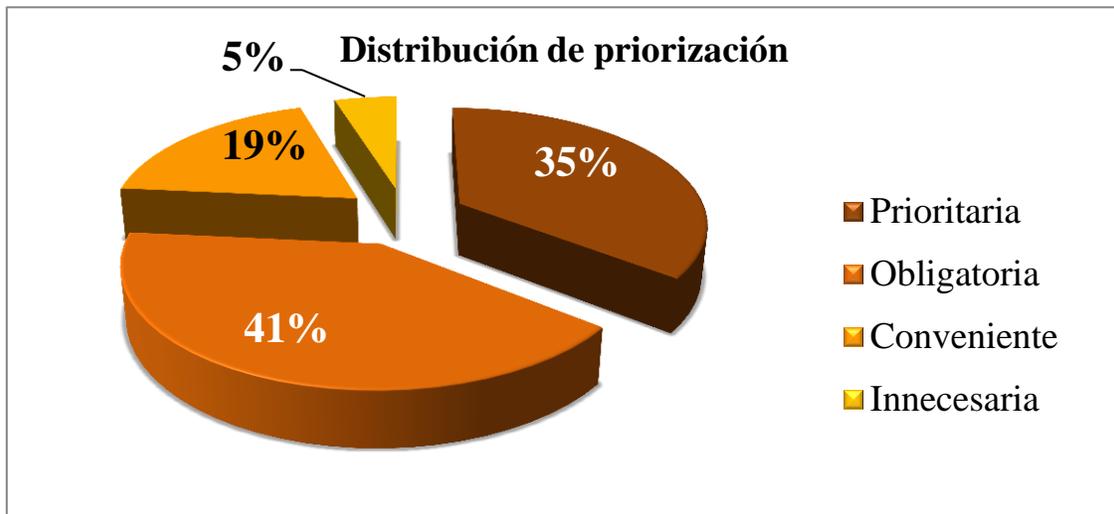


Figura 5.16: Distribución porcentual de Priorización. Método FUNVISIS (2011). IA2 (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

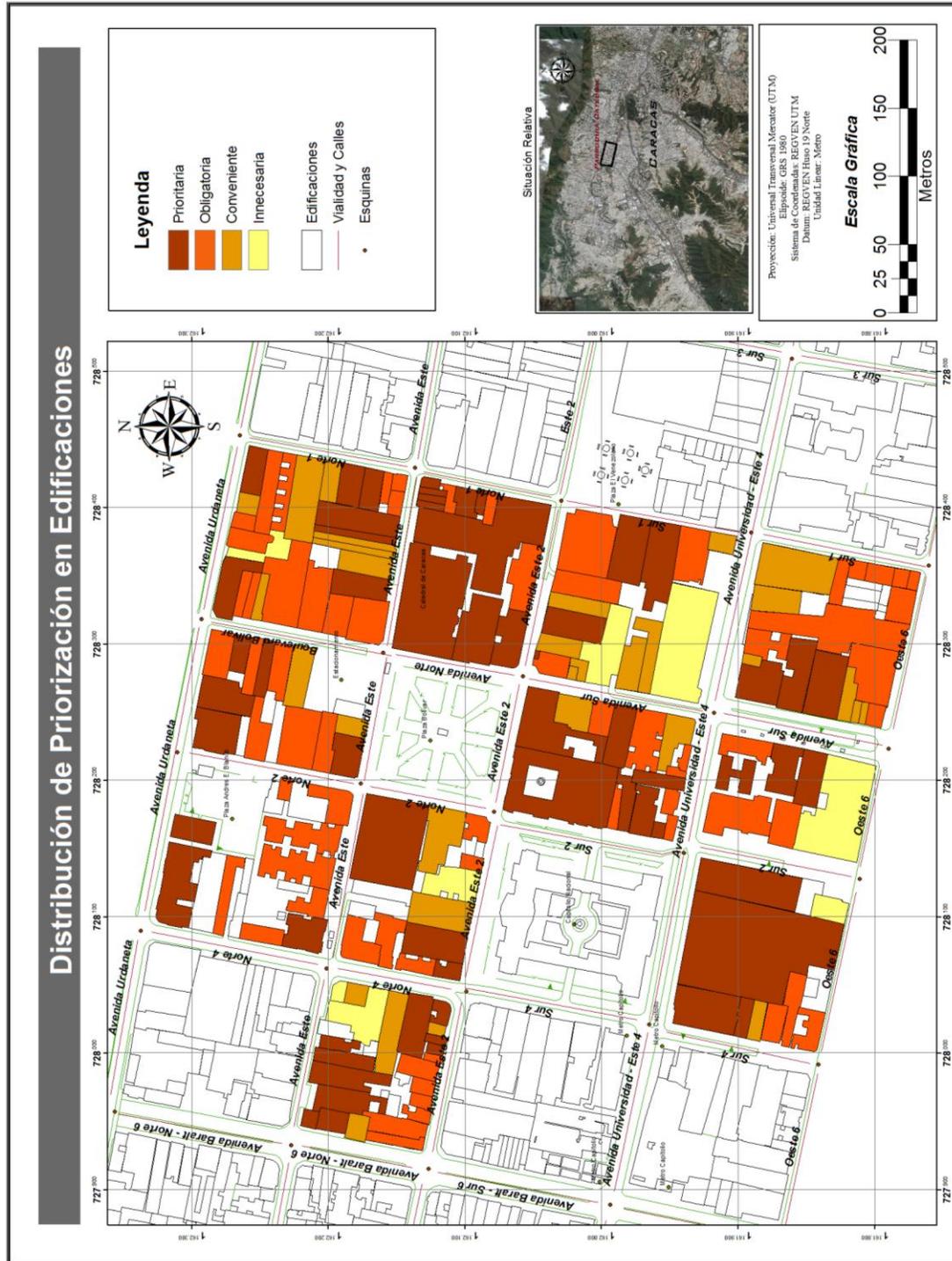


Figura 5.17: Distribución espacial de Priorización. Método FUNVISIS (2011). IA2 (Sismo de Diseño).

Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

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

De la evaluación de priorización de edificio bajo riesgo sísmico se evidencia que en total 59 edificios han presentado ser calificado como prioritarios ante el riesgo sísmico reportado, representando un 35% del total de edificios estudiados. La mayoría de estos edificios corresponden a construcciones coloniales que datan de hace ya varias décadas y que actualmente presentan una concentración de personas alarmante. La manzana que presenta el mayor índice priorización corresponde a donde se ubica la Catedral de Caracas, el Museo Sacro, los Edificios Gradillas “A”, “B” y “C” entre otros, de estas construcciones mencionadas se encuentra edificaciones cuya tipología estructura son pórticos de concreto armado, así como también muros de mampostería no confinados. Por ende independientemente de la tipología estructural presentada en los edificios calificados como prioritarios deben de ser sometido a un estudio detallado y riguroso que evalúe su condición sismorresistente.

La cantidad de edificaciones calificadas como de atención obligatoria corresponde a 68 edificaciones, representando un 41 % del total evaluado, esta cifra indica que la mayoría de los edificios evaluados requieren de una atención no tan prioritaria como las correspondientes a la calificación anterior pero si merecen una inspección que califique su condición sismorresistente e importancia ante el uso presentado.

No menos importante se encuentran 31 edificaciones, las cuales resultaron ser calificadas como convenientes ante una posible evaluación de su condición sismorresistente. Por últimos se identifican tan solo 8 edificaciones que no requieren de ninguna intervención pero es recomendable una oportuna inspección.

5.2.4. Evaluación de Índices de Vulnerabilidad mediante el Método Italiano.

Al igual que por el Método FUNVISIS, la evaluación de los 166 edificio mediante el Método Italiano, presenta un rango de valores que establecen la calificación más desfavorable y la más favorable. En tal sentido se muestra una evaluación a través de este método para las características sismorresistente negativas que establecen el valor máximo de I_V y las características sismorresistente óptimas para el valor mínimo de I_V en una ejemplificación no comprendida en las 166 edificaciones.

Para ello se evalúa una construcción de mampostería no reforzada, que a efectos de los datos obtenidos por medio de las planillas, esta tipología se considera de igual manera como muros de mampostería no confinados (MMNC). Es importante destacar que este tipo estructura presenta la calificación más baja en comparación a los de concreto armado, motivo por el cual es seleccionado para determinar la calificación de I_V más desfavorable para la zona en estudio. En tal sentido se asume una construcción de uso religioso hecha antes del año 1939, ubicado en la microzona 4 y macrozona centro norte, presenta abertura significativa en losa y su configuración en elevación es en “L”. Presenta un diafragma horizontal configurado por bóvedas, sus muros son de solo mampostería con presencia de antepechos y balcones con un grado de deterioro alto. En tabla 5.10 se presenta la calificación asociada a cada parámetro y el valor de I_V .

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Tabla 5.10: Calificación más desfavorable obtenidas para el Método Italiano.

Parámetro	Calificación	Valor
Parámetro 1	D	45,00
Parámetro 2	D	11,25
Parámetro 3	D	67,50
Parámetro 4	C	18,75
Parámetro 5	D	45,00
Parámetro 6	D	22,50
Parámetro 7	C	25,00
Parámetro 8	A	0,00
Parámetro 9	D	45,00
Parámetro 10	D	11,25
Parámetro 11	D	45,00
Índice de vulnerabilidad		0,87

Fuente: elaboración propia.

Para la obtención de la calificación más favorable a través de este método se evalúa un edificio constituido por muros de concreto armado construido luego del año 1983, ubicado en la microzona 4 y la macrozona centro norte. Presenta losa de concreto armado armada en dos direcciones tanto su configuración en planta como en elevación es rectangular, en fachada solo presenta recubrimiento de friso y pintura, además de presentar un buen mantenimiento y ninguna irregularidad en la configuración de sus elementos estructurales. En la tabla 5.11 se evidencia el valor de I_v asociado a las características indicadas anteriormente.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Tabla 5.11: Calificación más favorable obtenidas para el Método Italiano.

Parámetro	A	Valor
Parámetro 1	A	0,00
Parámetro 2	A	0,00
Parámetro 3	B	-1,00
Parámetro 4	A	1,00
Parámetro 5	A	0,00
Parámetro 6	A	0,00
Parámetro 7	A	0,00
Parámetro 8	A	0,00
Parámetro 9	A	0,00
Parámetro 10	A	0,00
Parámetro 11	0,03	0,00
Índice de vulnerabilidad		0,03

Fuente: elaboración propia.

5.2.4.3. Evaluación de vulnerabilidad sísmica presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método Italiano.

Para la determinación de los I_v de cada edificio, se procedió de forma similar al Método FUNVISIS. Se determinó el valor de I_v Referencia Italiano asociado al Edif. Mijagual teniendo el valor de I_v Referencia Italiano = 0,56. Por tanto, en función de este valor de referencia se establece el siguiente rango de evaluación cualitativa para los edificios evaluados:

$I_v \leq 0,30$ Vulnerabilidad Baja.

$0,30 < I_v \leq 0,50$ Vulnerabilidad Moderada.

$I_v > 0,50$ Vulnerabilidad Alta.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

La cantidad de edificios evaluados con este método es de 152, ya se excluyeron los que poseen una tipología estructural en acero.

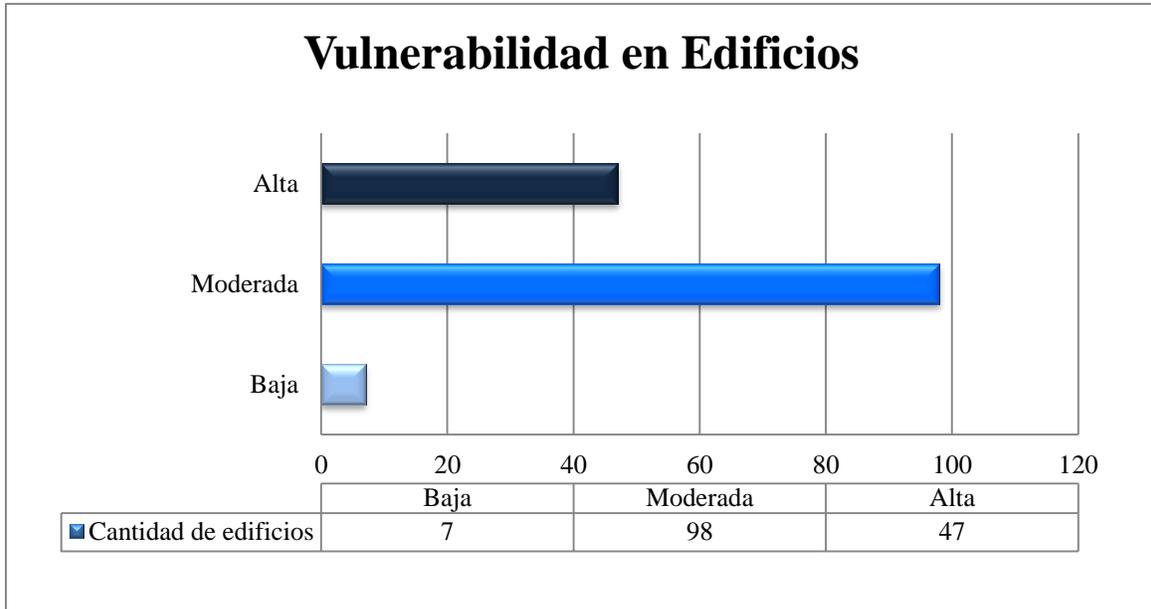


Figura 5.18: Distribución numérica de vulnerabilidad. Método Italiano. Fuente: elaboración propia.

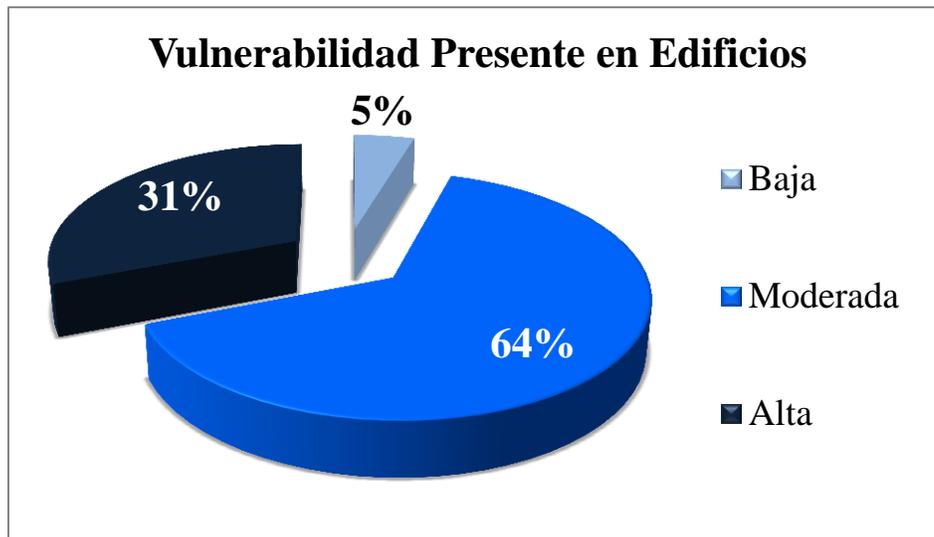


Figura 5.19: Distribución porcentual de vulnerabilidad. Método Italiano. Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

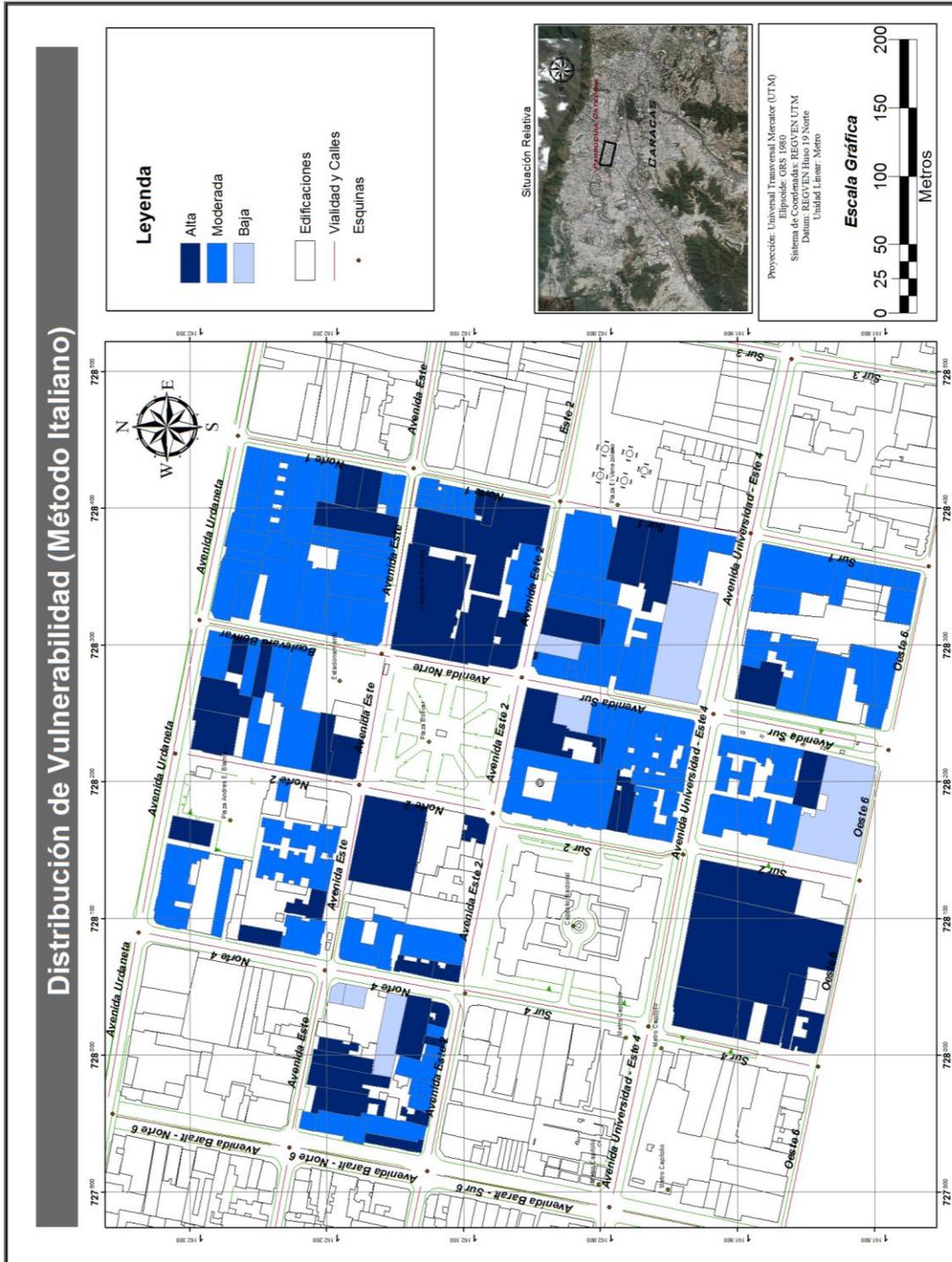


Figura 5.20: Distribución espacial de vulnerabilidad. Método Italiano. Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

La mayoría de las edificaciones evaluadas a través de este método presenta la calificación de vulnerabilidad moderada con 64 % del total estudiado, correspondiendo a un total de 98 edificios que presenta una condición desfavorable ante un evento sísmico. Muy similar al valor obtenido para el método FUNVISIS, con el que consiguió un 68 % de edificaciones con vulnerabilidad moderada.

En una calificación más alarmante se encuentran un total de 47 edificios, correspondiendo a un 31 % de edificaciones con vulnerabilidad alta, la mayoría de las construcciones con esta calificación corresponden a edificaciones cuya tipología estructural corresponde a muros de mampostería no reforzados, dejando en evidencia el poco desempeño sismoresistente de estas construcciones que además presentan ya varias décadas de haber sido construidas. Estas construcciones actualmente son potencialmente sensibles a un evento sísmico de considerable dimensiones.

Con un menor nivel de vulnerabilidad solo se encuentra un 5 % del total evaluado, siendo calificadas por este método como edificaciones con baja vulnerabilidad.

En el presente análisis no se estudia las edificaciones cuya tipologías estructural está conformada por elemento de acero, esta consideración se aclaró en la descripción del Método Italiano, el cual solo evalúa construcciones de concreto armado y mampostería no reforzada.

5.2.5. Evaluación de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral a través del Método Italiano.

La determinación del Riesgo Sísmico a través de este método se establece de igual manera a lo indicado en el Método FUNVISIS. Para este caso el Índice Referencial de Riesgo Sísmico para un sismo similar al ocurrido en Caracas en 1967 se tiene:

$$I_{R \text{ Referencial Italiano}} = I_{A1} * I_{V \text{ Referencia Italiano}}; \quad I_{R \text{ Referencial Italiano}} = 0,23 * 0,56; \quad I_{R \text{ Referencial Italiano}} = 0,13$$

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

A través de este valor de referencia se establecen los rangos cualitativos para la evaluación del Riesgo Sísmico de los edificios. Estos rangos se mantienen para la evaluación de los tres escenarios comprendidos para cada valor de amenaza (I_{A1} , I_{A2} e I_{A3}).

$I_R \leq 0,06$	Riesgo Bajo.
$0,06 < I_R \leq 0,12$	Riesgo Moderado.
$0,12 < I_R \leq 0,30$	Riesgo Alto.
$I_R > 0,30$	Riesgo Muy Alto.

5.2.5. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método Italiano.

Los resultados correspondientes a la evaluación por este método, deja en evidencia un gran número de edificaciones bajo un riesgo sísmico moderado, 61% de los edificio en estudio presenta esta calificación para el escenario asociado al sismo de 1967 mientras que un 37 % se califica con un riesgo sísmico alto, correspondiendo a 57 edificio con esta calificación.

Para el sismo de diseños la situación cambia drásticamente, reportándose más del 45% de los edificios con un riesgo sísmico muy alto, representan la cantidad 74 edificios. El porcentaje restante con 50% de los edificio evaluados se califican con un riesgo sísmico alto.

Por último se muestran los resultados asociados al escenario de un sismo de dimensiones extraordinarias, para el cual se reporta más 80 % edificaciones bajo riesgo sísmico muy alto.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.5.1. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A1} (Sismo de 1967).

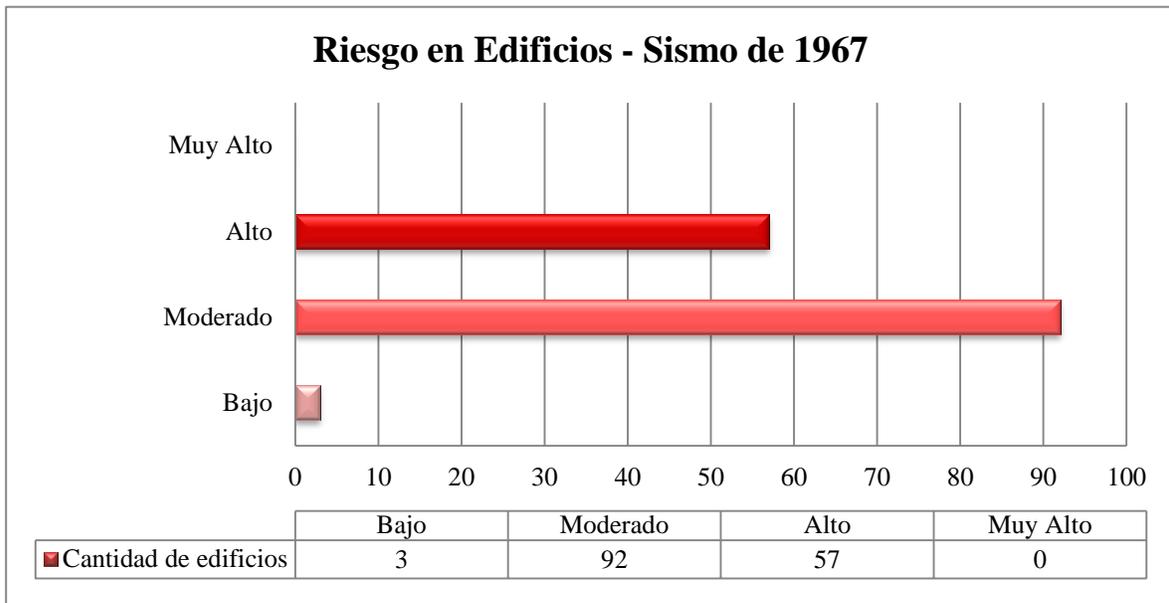


Figura 5.21. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

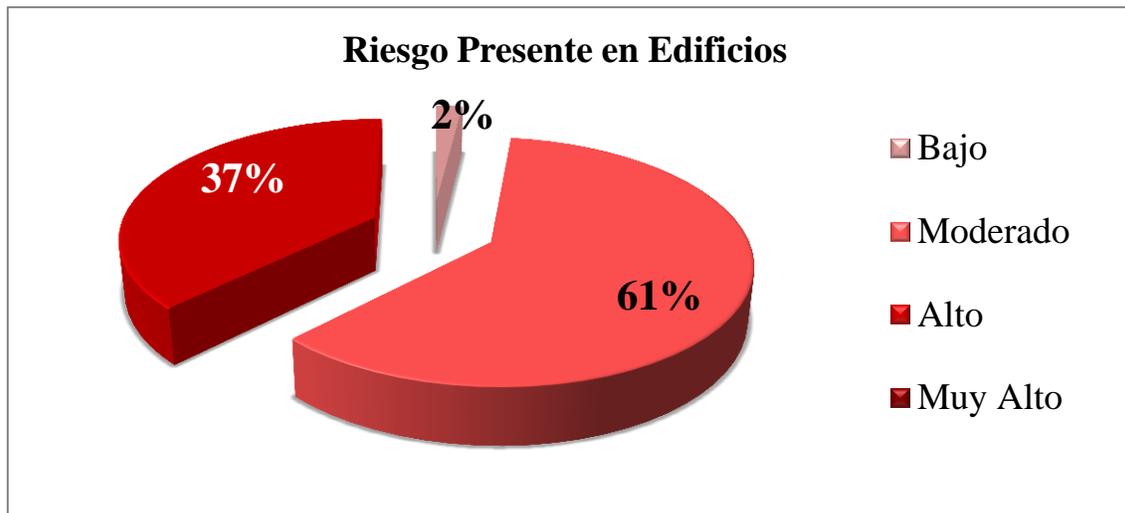


Figura 5.22. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.



Figura 5.23. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.5.2. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A2} (Sismo de Diseño).

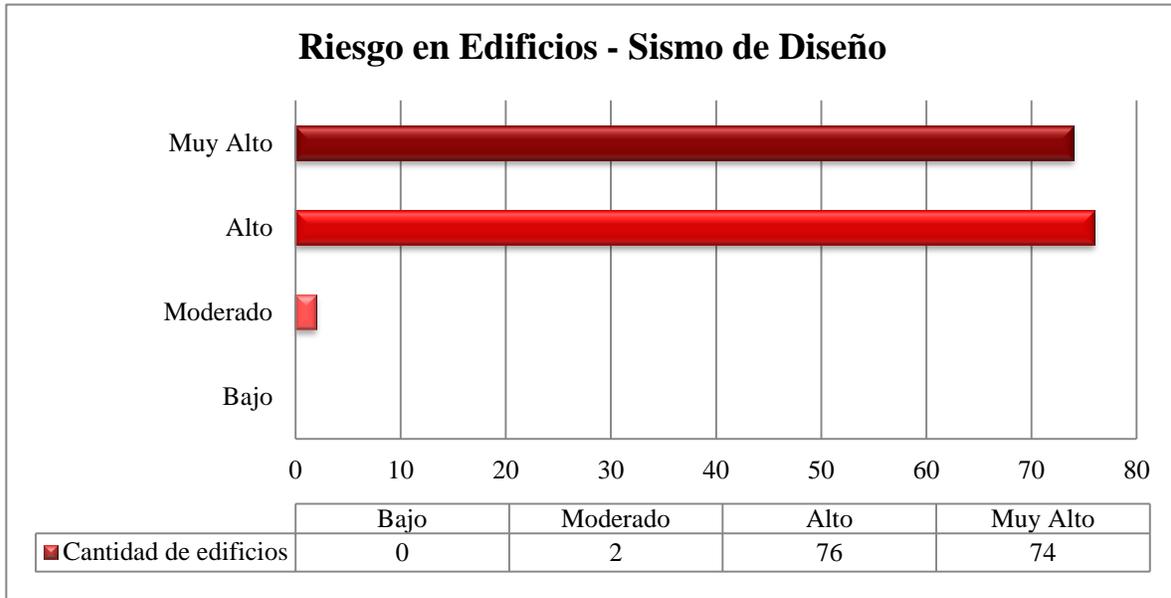


Figura 5.24. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA2 (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

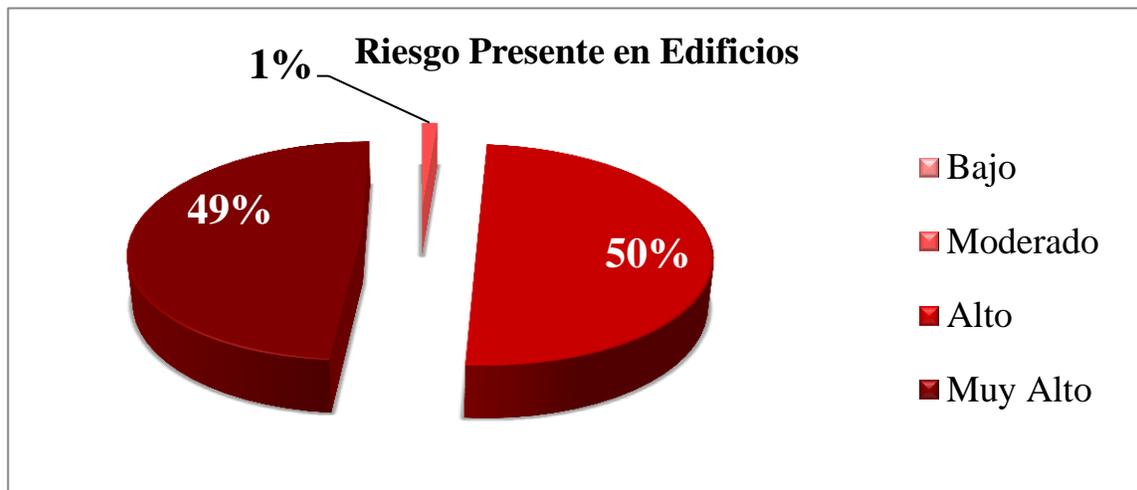


Figura 5.25. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA2 (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

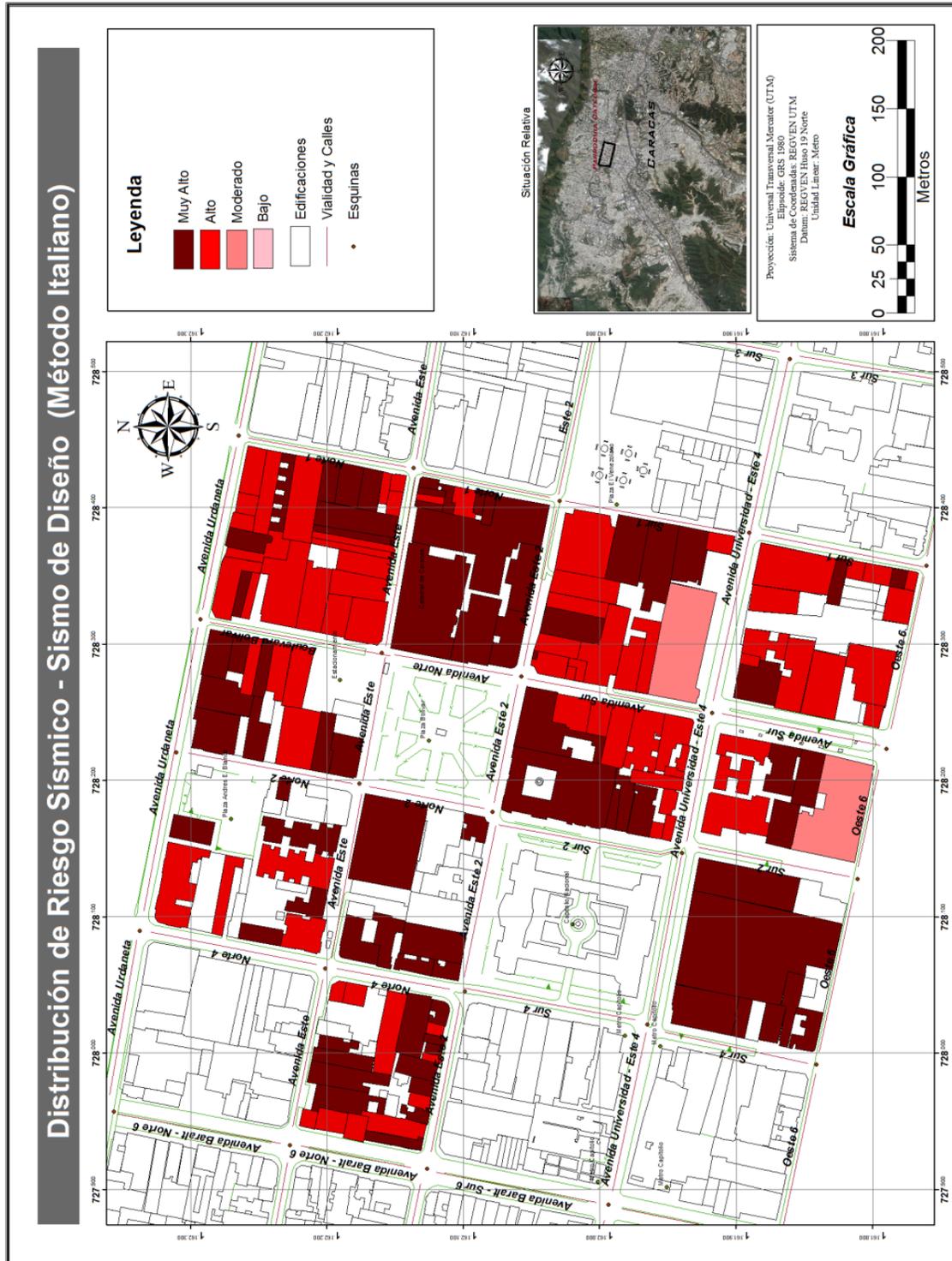


Figura 5.26. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método Italiano. IA2 (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.5.3. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A3} (Sismo Extraordinario).

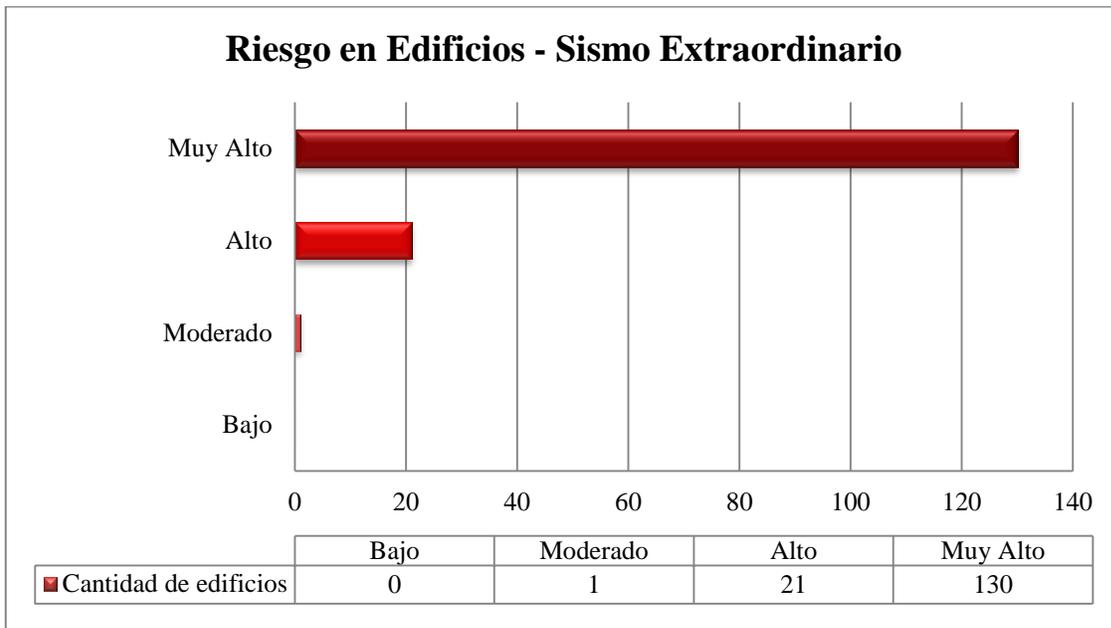


Figura 5.27. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método Italiano. I_{A3} (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

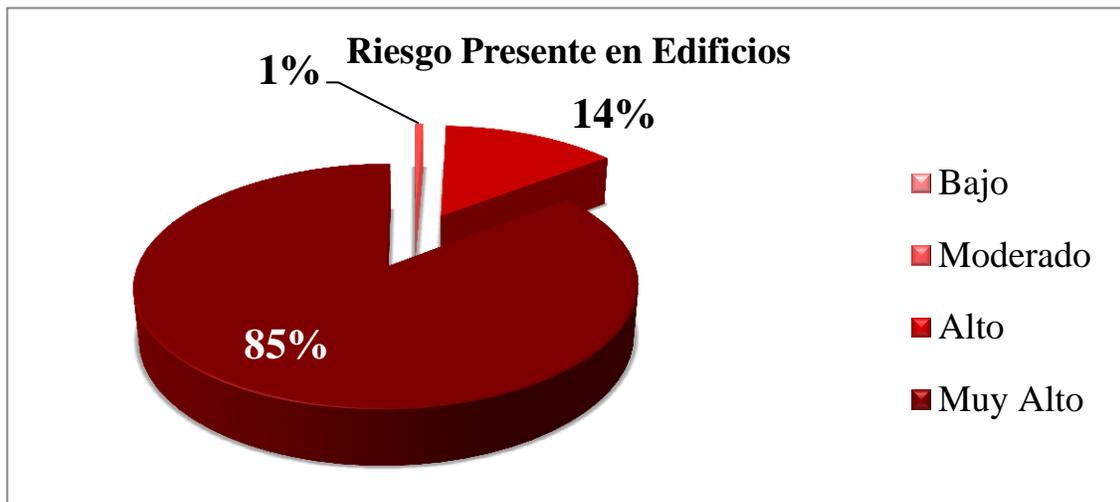


Figura 5.28. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método Italiano. I_{A3} (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

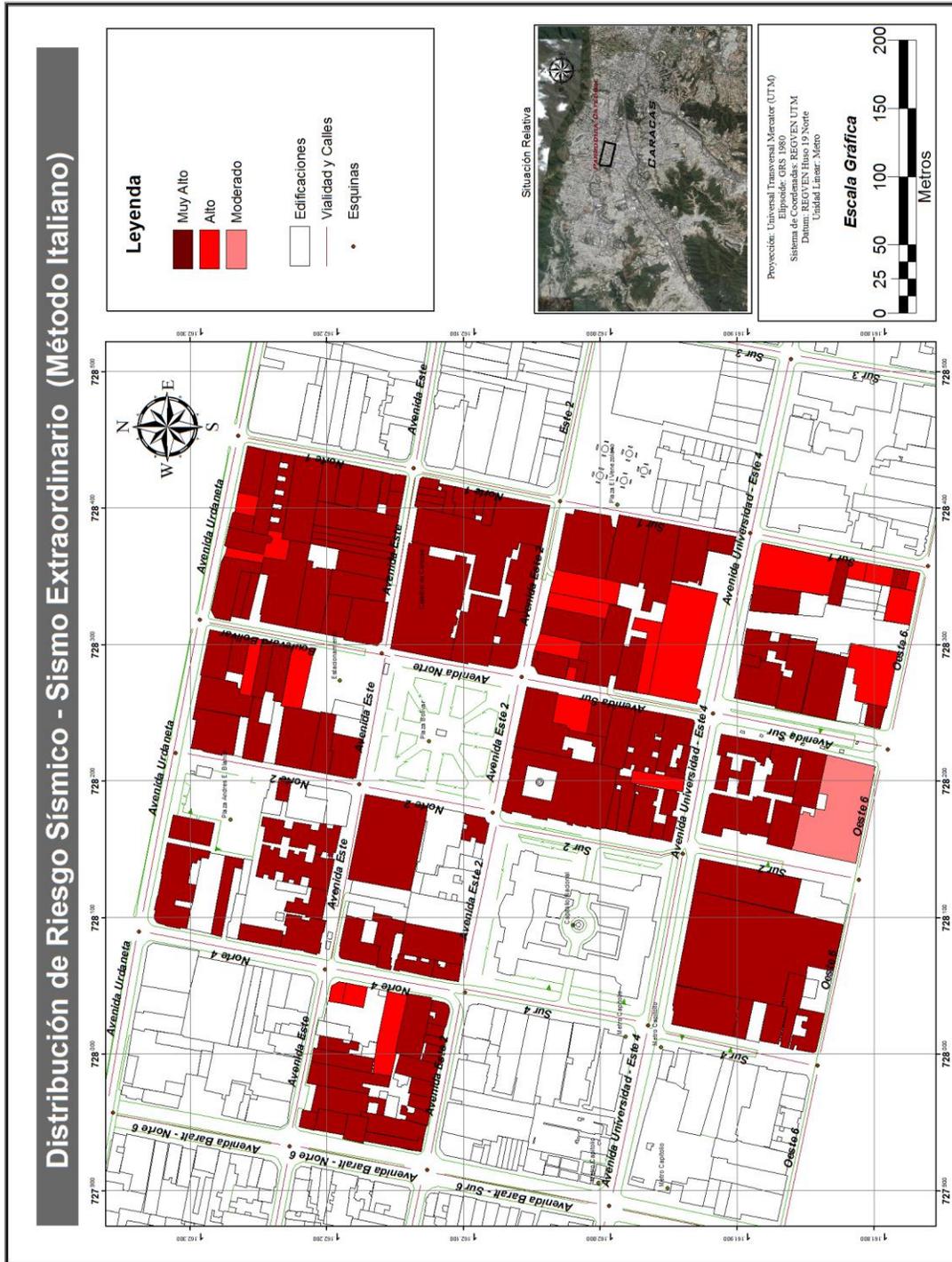


Figura 5.29. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método Italiano. I_{A3} (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.6. Evaluación de Índices de Vulnerabilidad mediante el Método FEMA (2002).

De igual manera como se procedió para los dos métodos anteriores (FUNVISIS e Italiano), se establece para la determinación cualitativa de vulnerabilidad, un marco de referencia asociado al valor de I_V presentado por el Edif. Mijagual a través de este método. En función de las características estructurales antes descritas para este edificio, se obtuvo un I_V Referencia FEMA = 0,70. En función a este valor se presenta las siguientes calificaciones cualitativas de I_V .

$I_V > 0,70$ Vulnerabilidad Alta.

$0,40 < I_V \leq 0,70$ Vulnerabilidad Moderada.

$I_V \leq 0,40$ Vulnerabilidad Baja.

A continuación, en función de los valores obtenidos para los edificios evaluados bajo este método, se presenta la distribución numérica, porcentual y espacial de los respectivos I_V .

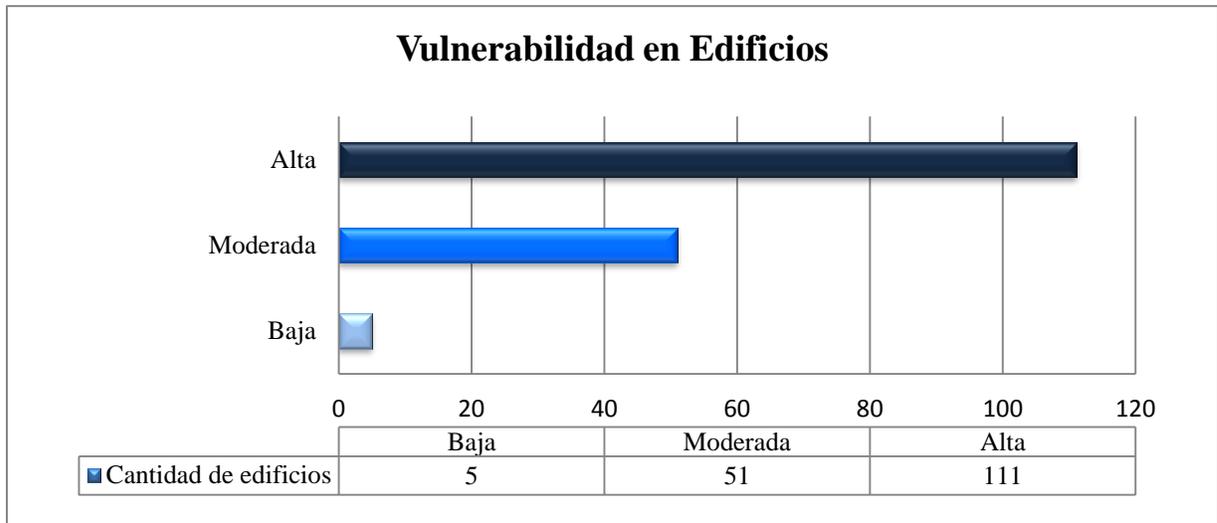


Figura 5.30: Distribución numérica de vulnerabilidad. Método FEMA (2002). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

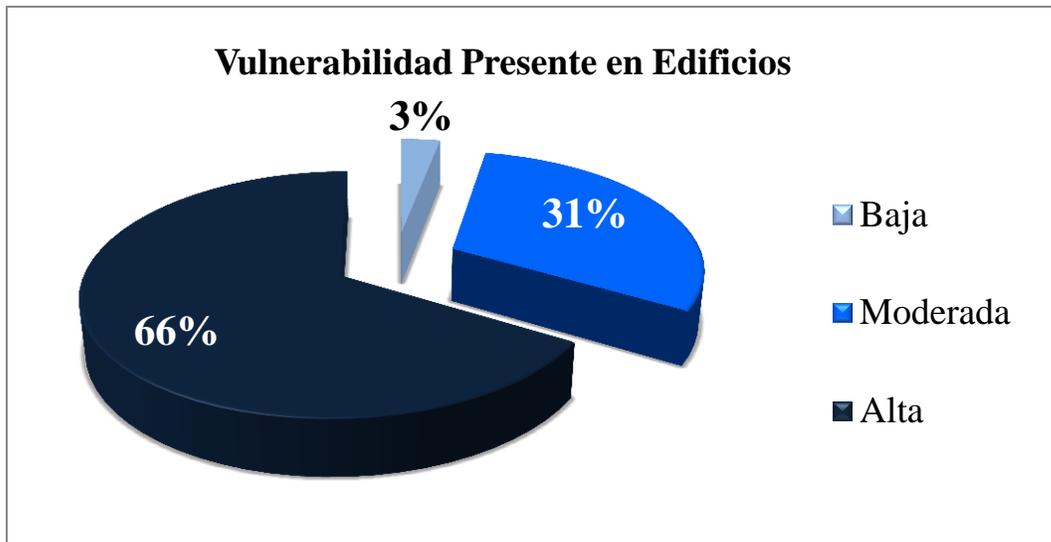


Figura 5.31: Distribución porcentual de vulnerabilidad. Método FEMA (2002). Fuente: elaboración propia.

Los niveles de vulnerabilidad reportados por este método son significativamente alto en relación los otros dos métodos evaluados, más del 65% de los edificios han presentado una calificación de vulnerabilidad alta, esto en consecuencia a los castigado que resulta la tipología de pórticos de concreto armado rellenos de paredes para este método, esta tipología estructural presenta el puntaje más bajos en comparación a las otras tipologías evaluadas en esta investigación, trayendo como consecuencia que la confiabilidad de los edificios con esta tipología sea igualmente baja y por ende la vulnerabilidad sea considerablemente alta.

Para estudios aplicados a través de esta metodología en regiones distintas a las de origen del método, es oportuno realizar una adaptación de los puntajes base que se correlacionen a los aspectos constructivos y normativos locales.

De igual manera, los valores reportado dejan en evidencia que la mayoría de las edificaciones presentan condiciones desfavorables ante un buen desempeño sismorresistente.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

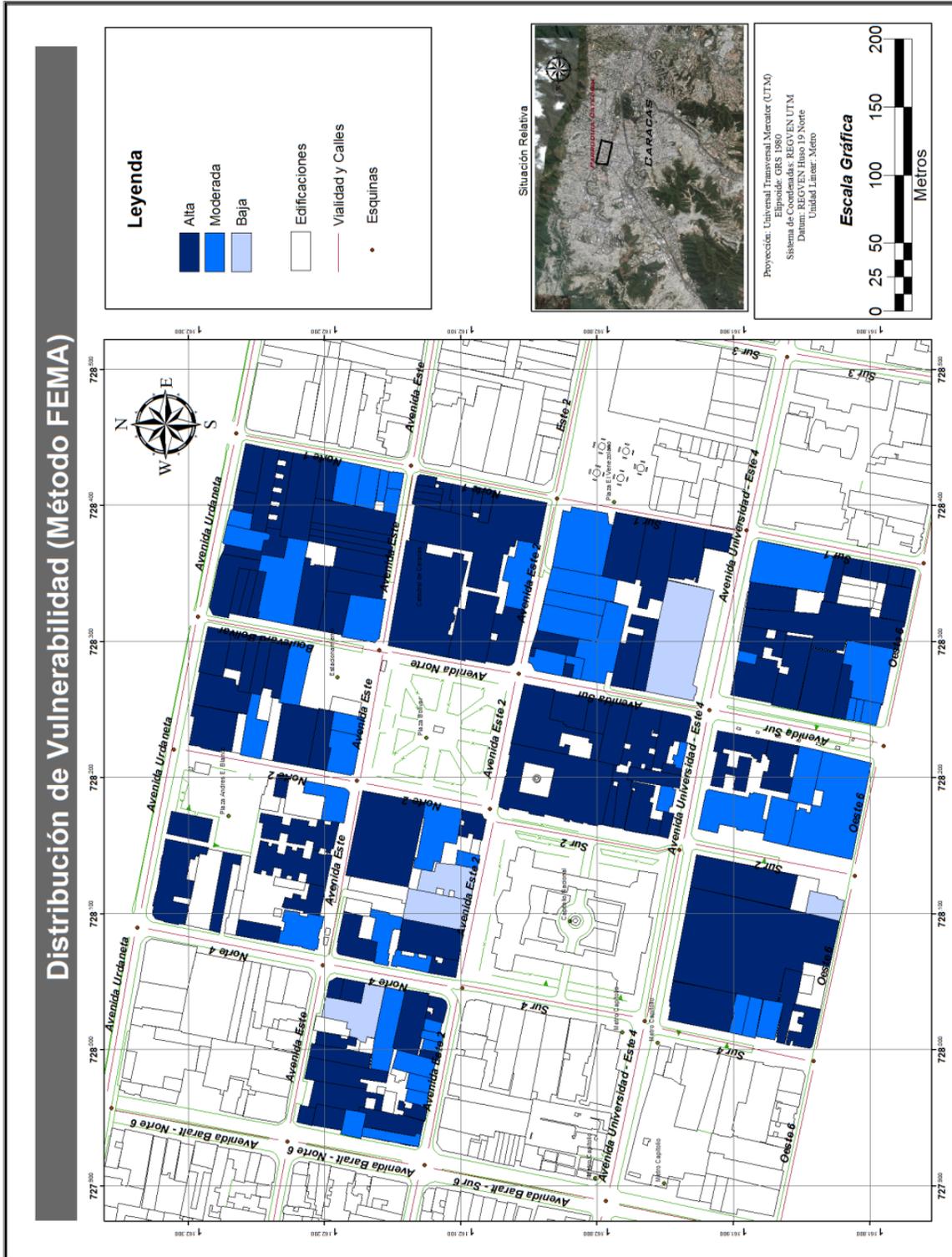


Figura 5.32. Distribución espacial de vulnerabilidad Método FEMA (2002). Fuente: elaboración propia.

5.2.7. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método FEMA (2002).

En correspondencia a los dos métodos anteriormente estudiado, en el Método FEMA se procede de igual manera para la obtención de distribución de riesgo en los mismo tres escenarios de amenaza ya definidos.

Las calificaciones cualitativas de riesgo se han obtenido en función de la determinación del Índice de Riesgo de referencia, asociado de igual manera al Edif. Mijagual. Para este caso de estudio $I_{R \text{ Referencia FEMA}}$ se determina a través del producto entre $I_{V \text{ Referencia FEMA}}$ y el Índice de Amenaza asociado al sismo que provocó el colapso del edificio, dado por $I_{A 1}$.

La expresión que determina el Índice de Riesgo de referencia viene dada de la siguiente forma: $I_{R \text{ Referencia FEMA}} = 0,23 * 0,70 = 0,16$. En función a este valor se ha establecido los siguientes rangos para los valores cualitativos:

$I_R \leq 0,10$	Riesgo Bajo.
$0,10 < I_R \leq 0,15$	Riesgo Moderado.
$0,15 < I_R \leq 0,45$	Riesgo Alto.
$I_R > 0,45$	Riesgo Muy Alto.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.7.1. Evaluación de los Escenarios de Riesgo Sísmico presente en las edificaciones de la Parroquia Catedral para el Método FEMA.

5.2.7.1.1 Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A1} (Sismo de 1967).

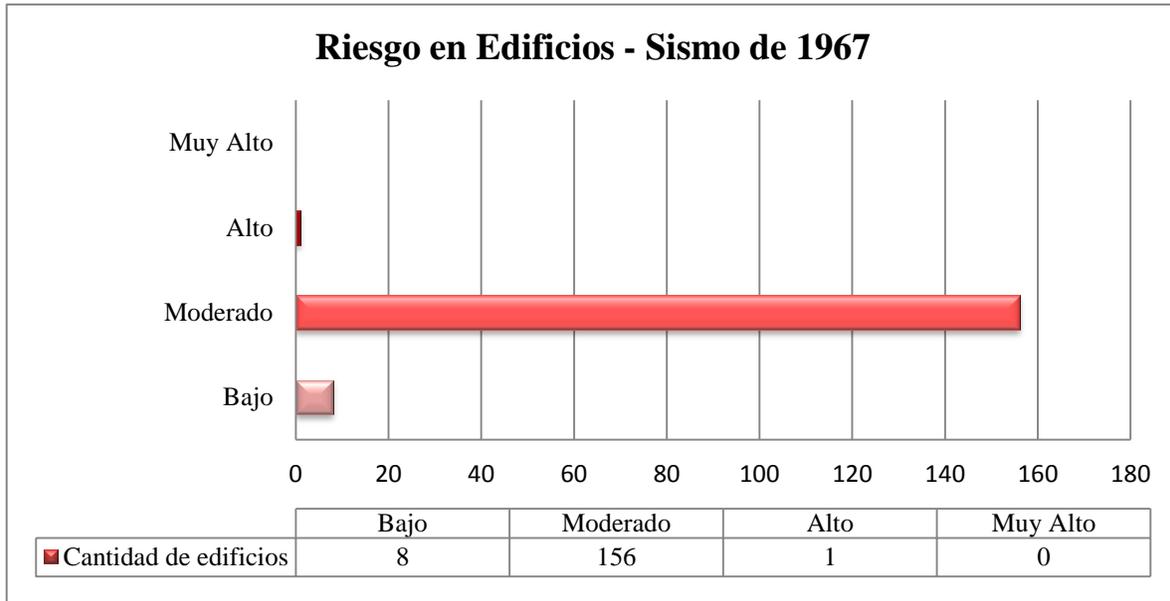


Figura 5.33. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

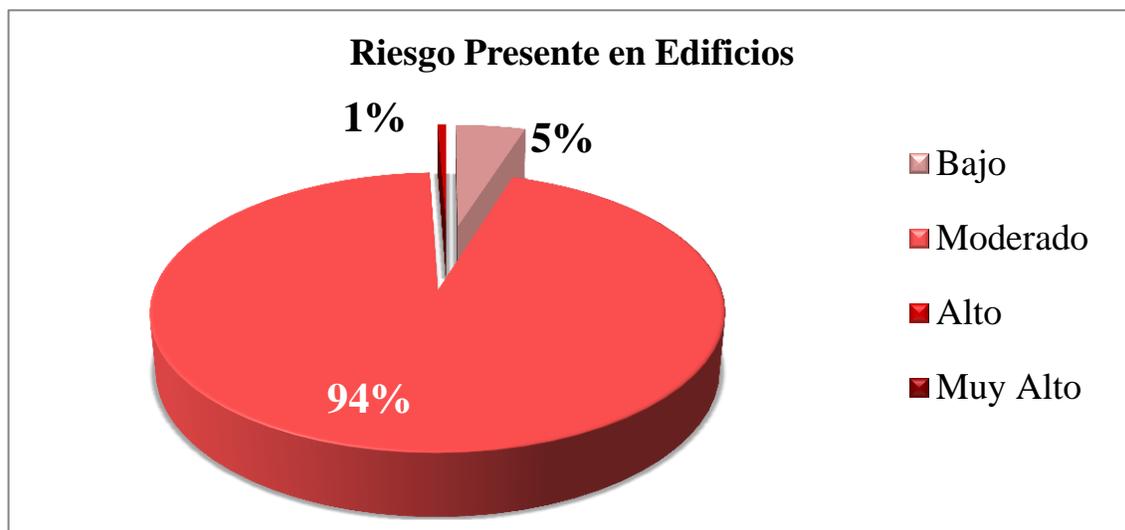


Figura 5.34. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

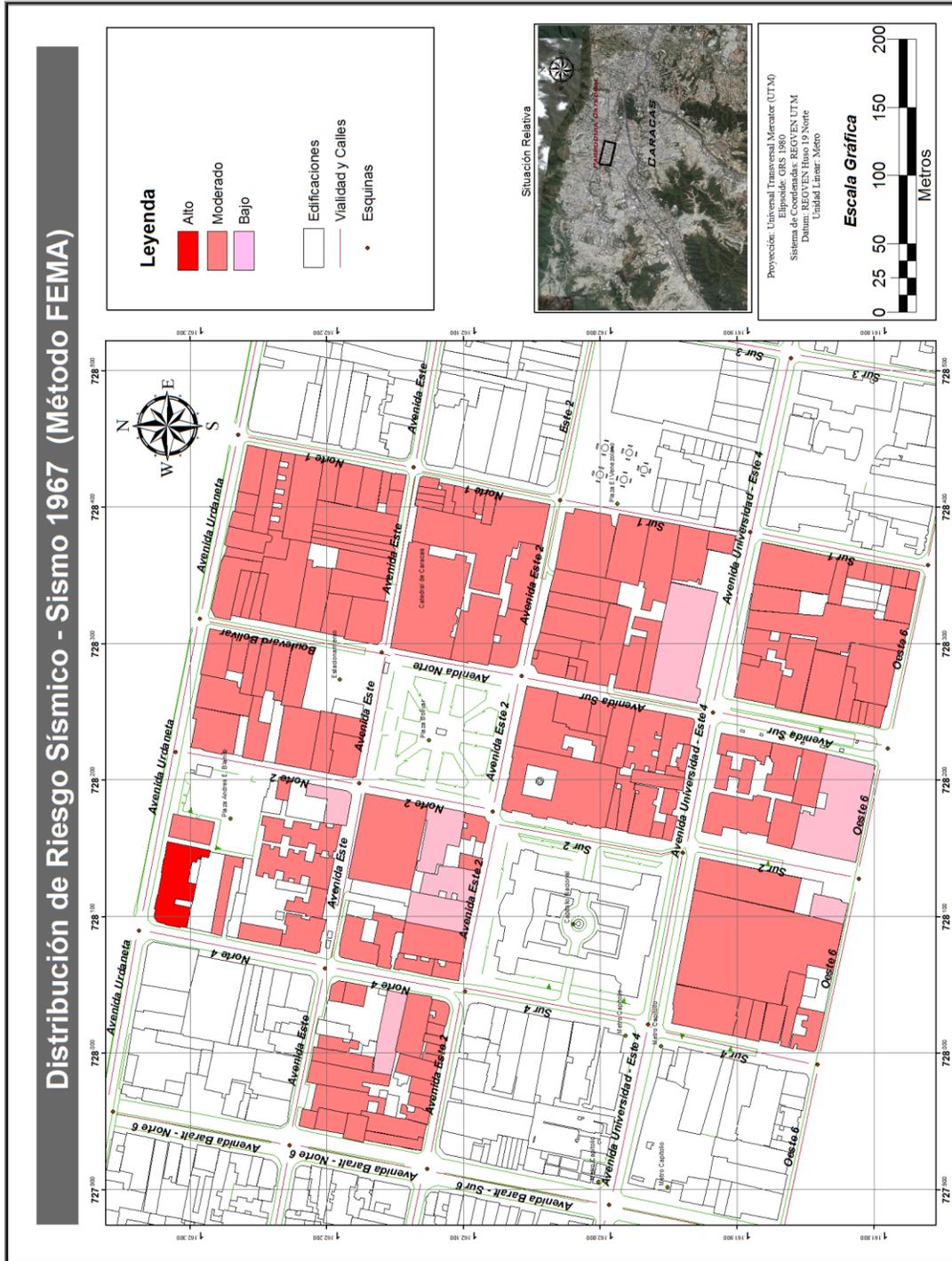


Figura 5.35. Gráfico de distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FEMA (200). IA1 (Sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.7.1.2. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A2} (Sismo de Diseño).

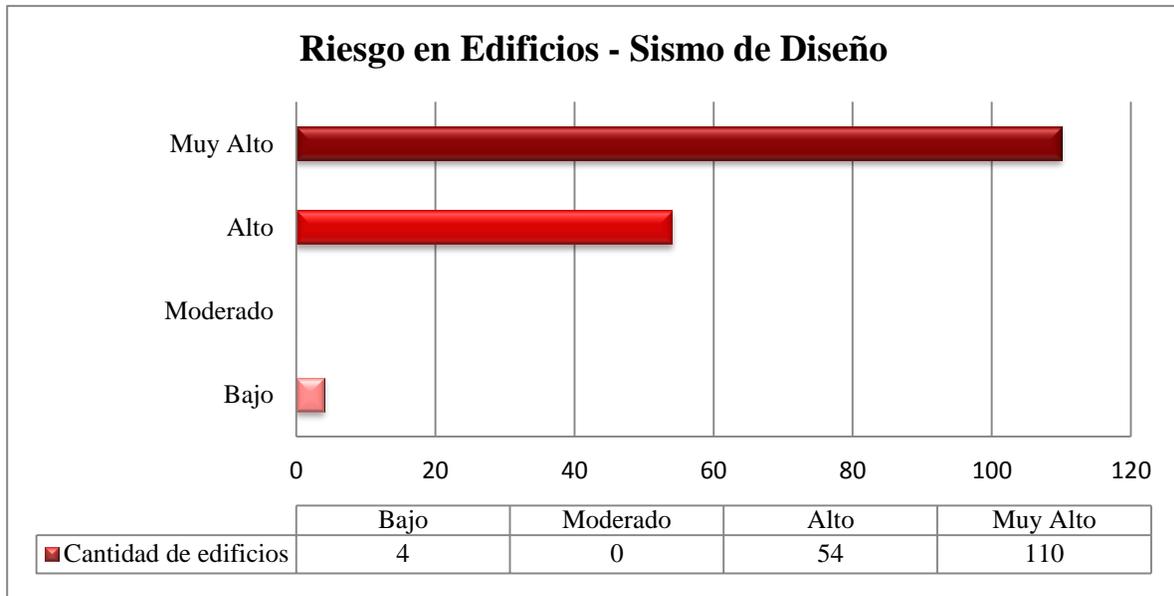


Figura 5.36. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). I_{A2} (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

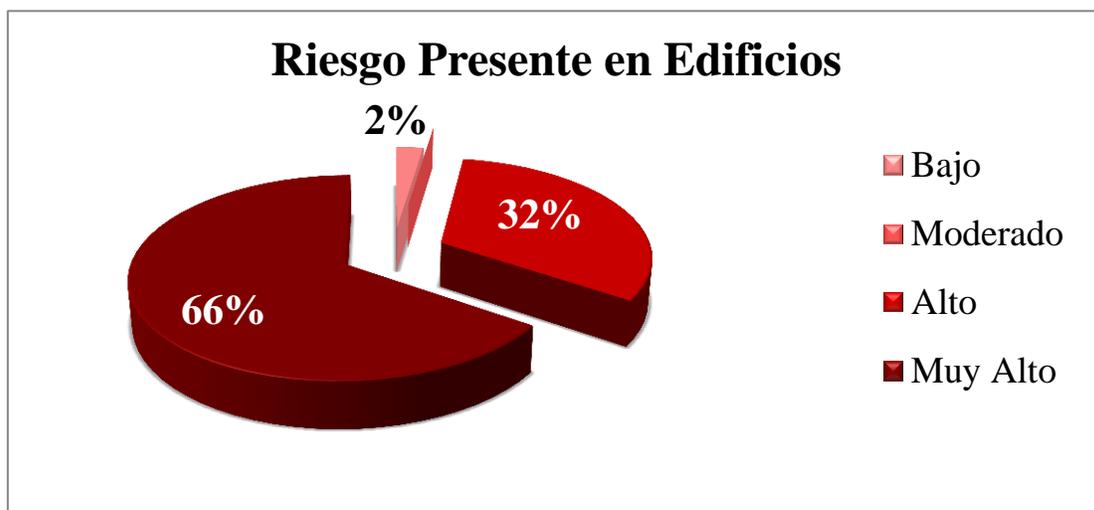


Figura 5.37. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). I_{A2} (Sismo de Diseño). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.



Figura 5.38. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FEMA (200). IA2 (Sismo de Diseño).

Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.2.7.1.3. Escenario de Riesgo Sísmico para I_{A3} (Sismo Extraordinario).

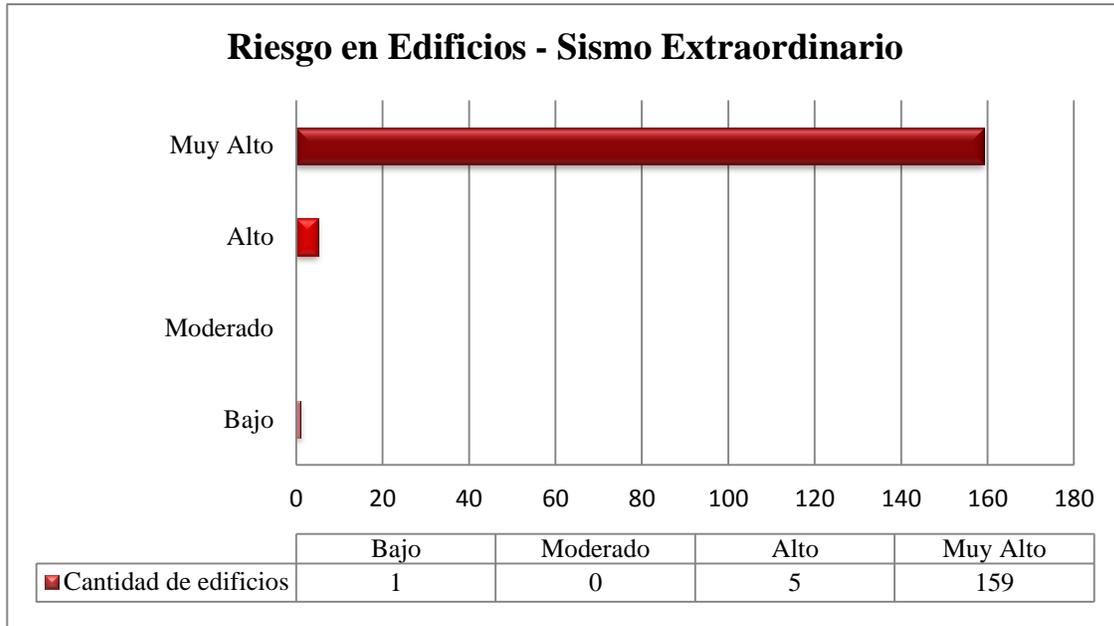


Figura 5.39. Distribución numérica de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). I_{A3} (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

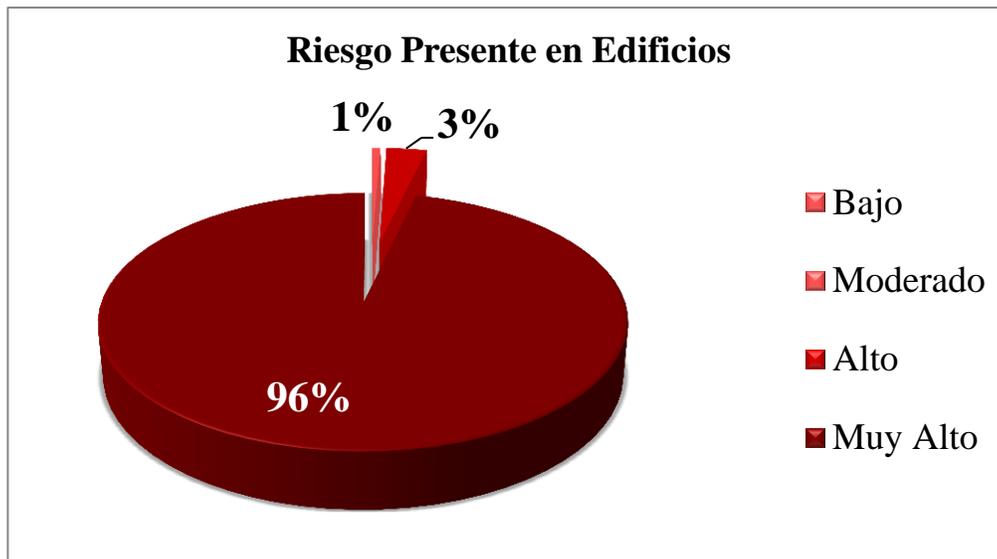


Figura 5.40. Distribución porcentual de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). I_{A3} (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.



Figura 5.41. Distribución espacial de Riesgo Sísmico Método FEMA (2002). IA3 (Sismo Extraordinario). Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

En los resultados reportados por este método para el escenario asociado al sismo de 1967 en Caracas se observar un 94% de edificaciones calificadas con un riesgo sísmico moderado, esta cifra representa los valores más altos obtenidos en comparación a las otras metodologías, mostrando a 156 edificaciones con pérdidas probable importantes. Tan solo un 5% presenta un riesgo sísmico bajo representando la cantidad de 8 edificios. Estas edificaciones corresponden a las construidas con normas recientes y cuyo sistema estructura está conformado por elementos de acero.

Para el escenario asociado al sismo de diseño el riesgo “bajo” solo se ubica sobre el 2% de los edificios, sin embargo la calificación para las edificaciones restantes se sitúa por encima de esta, reportándose un 32% con un riesgo sísmico alto, representando la cantidad de 54 edificios. El reporte mayor está dado para un riesgo muy alto con 66% del total de los edificios evaluados.

En el escenario asociado a un sismo de dimensiones extraordinarias la distribución de riesgo es más homogénea y alarmante, se reporta un 96% de edificios bajo riesgo sísmico muy alto correspondiendo a 159 edificaciones, mientras que un 3% de los edificios reporta un riesgo sísmico alto.

Es importante destacar que por este método, el resultado favorable obtenido para el edificio del Banco Venezuela está en correspondencia con todas las características favorables evaluadas por el Método FEMA (2002). Por esta razón este edificio reporta para los tres escenarios un riesgo sísmico bajo.

5.3. ASPECTOS COMPARATIVOS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO.

Para los tres métodos empleados en el estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en los edificios de la Parroquia Catedral, es evidente que todos emplean la evaluación de parámetros asociados a la calidad sismorresistente de los elementos en estudio, quizás la cantidad de parámetros involucrados pudiesen influir en resultados más o menos confiables, pero es importante mencionar que al igual que los estudios sismológicos presentan resultados probabilísticos, los estudios que dependan de estos también tienen este carácter.

Por tanto los resultados obtenidos de forma individual para el método de FUNVISIS, Italiano y FEMA, solo dan muestra clara del riesgo probable al cual se encuentran los edificios de la Parroquia Catedral, sí los resultados son evaluados de forma conjunta y de esta manera establecer la tendencia de los valores mostrados tanto en la evaluación de la vulnerabilidad como el riesgo sísmicos asociados a los diferentes escenarios.

En la figura 5.42 se presentan los resultados de vulnerabilidad sísmica reportada por cada método evaluado, se evidencia de forma notables que la mayoría de los edificios han sido calificados tanto por el Método FUNVISIS como por el Método Italiano con una vulnerabilidad moderada, para el Método FEMA se observa no una tendencia más favorable ya que la mayoría de las edificaciones han sido calificadas por este método con una vulnerabilidad alta, esto en correspondencia a lo poco confiable que representan las construcciones de pórticos de concreto armado rellenos de paredes para este método.

En líneas generales se pudiese hablar de un entorno moderadamente vulnerable ante la amenaza latente debido a la ocurrencia de un sismo.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

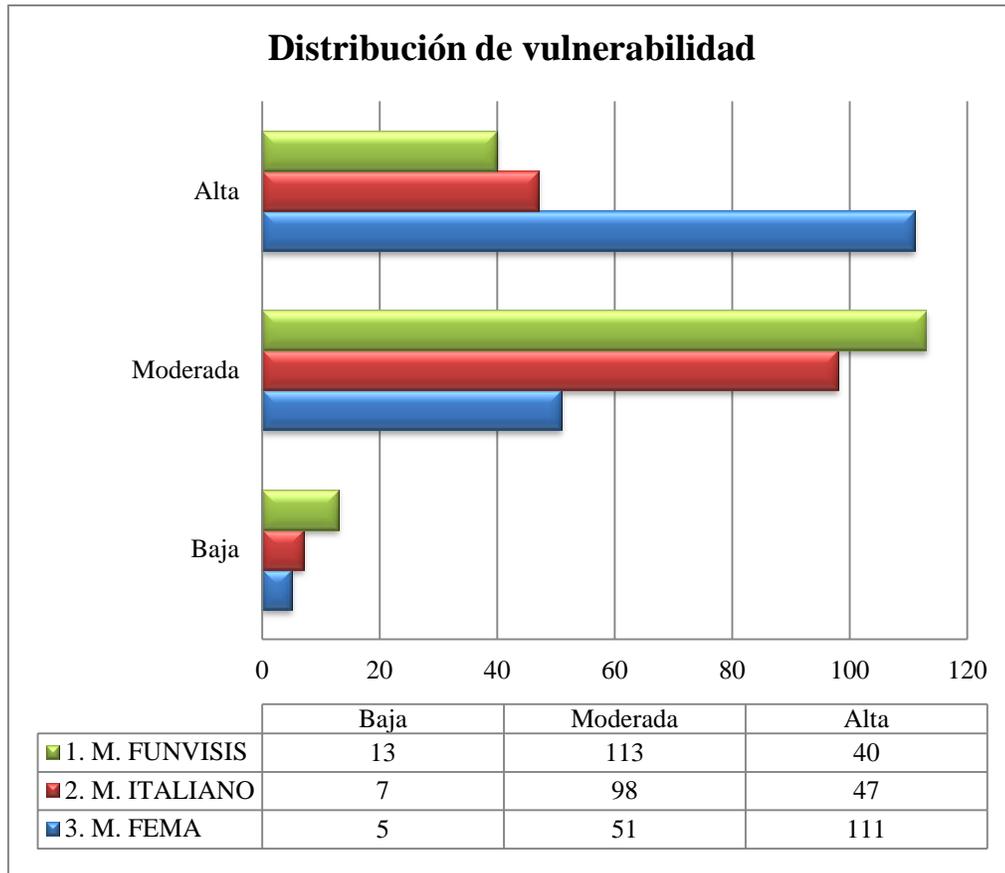


Figura 5.42: Distribución de vulnerabilidad para los tres métodos evaluados.

Fuente: elaboración propia.

Lo que no se puede discutir al respecto de los resultados arrojados por los tres métodos, es la ausencia en buena medida de elementos y criterios que puedan garantizar un desempeño óptimo de las edificaciones ante un evento sísmico.

En evidencia ha quedado el alto grado de riesgo sísmico para los edificios estudiados en el escenario cuya amenaza es la menor evaluada, la misma está asociada al sismo ocurrido en el año de 1967 el cual originó el colapso de varias edificaciones en la Ciudad de Caracas al igual que cuantiosas pérdidas humanas. Como referencia se ha empleado en este trabajo el Edificio Mijagual, el cual colapsó por efectos de la ocurrencia de este sismo. Este edificio ha representado el marco de referencia para la estimación de vulnerabilidad y riesgo sísmico

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

evaluado sobre los 166 edificios tratados en el trabajo. Esto ha permitido establecer un punto de comparación para fines de la obtención de resultados más confiables y ajustados a acontecimientos previos.

La evaluación realizada por los tres métodos reporta para la mayoría de las edificaciones una calificación de riesgo sísmico moderado, en la figura 5.43 se observa que más del 60 % de estas edificaciones presentan esta calificación, dejando en evidencia la probabilidad de un considerable nivel de pérdida ante la ocurrencia de un evento sísmico similar al sucedido en el año de 1967, periodo en el cual ya muchas de las edificaciones de la Parroquia Catedral estudiadas en este trabajo se encontraban en servicio.

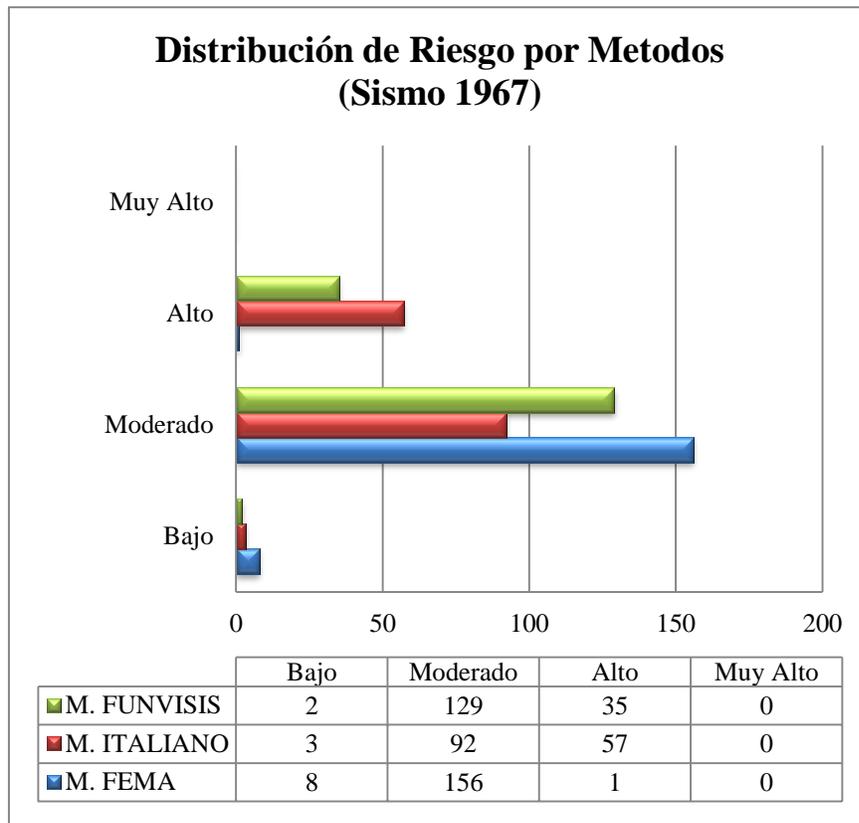


Figura 5.43: Distribución comparativa de Riesgo Sísmico (Escenario similar al sismo de 1967). Fuente: elaboración propia.

La situación luce mucho más desfavorables para el escenario asociado al sismo de diseño cuyo periodo medio de retorno corresponde aproximadamente a 475 años o 10% de

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

excedencia en 50 años. En este escenarios tanto el Método FUNVISIS y el Método FEMA reportan más de 65% de edificaciones bajo un riesgo sísmico muy alto mientras que para la gran parte del porcentaje restante se califican con un riesgo sísmico alto. Se puede asumir entonces que la mayoría estos edificios no cuenta en su diseño estructural con criterios sismorresistentes acorde a lo exigido por las normativas actuales, una muestra de esto se observa en la distribución de construcciones realizadas antes y después del sismo de 1967 donde se evidencia que más del 80% las construcciones fueron hechas antes de ese año.

Ya para un sismo de mayores dimensiones al de diseño, considerado en este trabajo como un sismo extraordinario, los niveles de pérdida probable son ruinosos, más del 85% de las edificaciones se califican bajo un riesgo sísmico muy alto para los tres métodos.

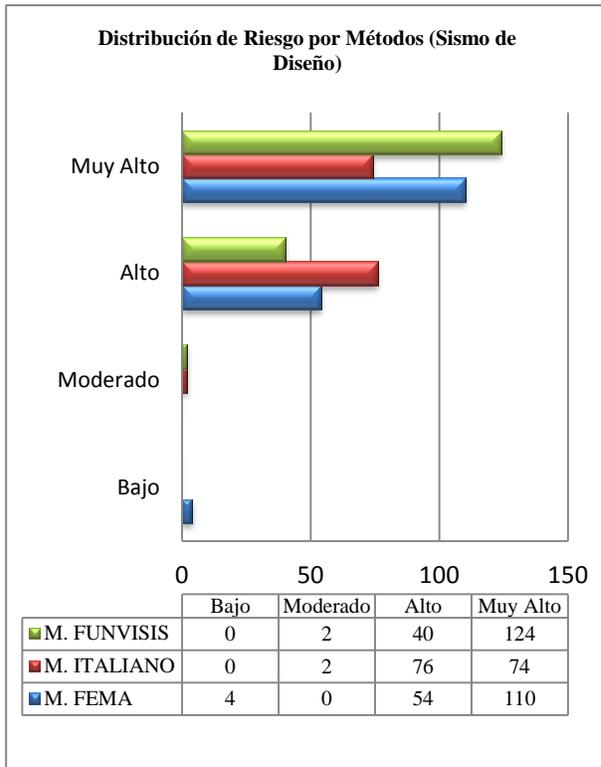


Figura 5.44: Distribución comparativa de riesgo sísmico (Sismo de Diseño).
Fuente: elaboración propia.

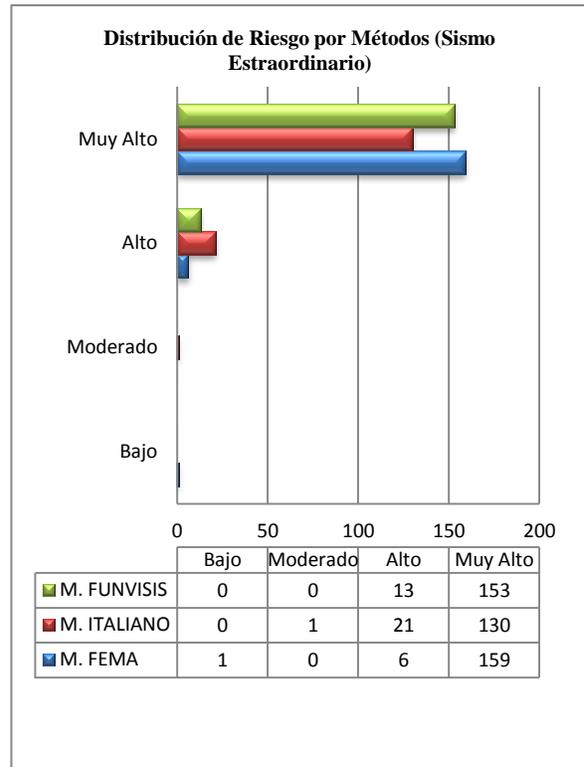


Figura 5.45: Distribución comparativa de riesgo sísmico (Sismo Extraordinario).
Fuente: elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

A efectos de establecer el estado favorable o desfavorable de los resultados obtenidos, se incorpora una adaptación de la matriz de desempeño propuesta por el Comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), la adaptación se ha denominado Matriz de Distribución de Niveles de Riesgo Sísmico (MDNRS) y en ella se distribuye la cantidad de edificaciones que presenta cierta calificación de riesgo sísmico para cada escenario evaluado.

En la tabla 5.12 se muestra la configuración óptima que se debiera obtener los resultados de los edificios estudiados para ser catalogados con un desempeño eficiente ante los diferentes escenarios de riesgo sísmico evaluados.

	Niveles de Riesgo			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Sismo (1967)	A1, A2 y A3	0	0	0
Sismo de Diseño	A1 y A2	A3	0	0
Sismo Extraordinario	A1	A2	A3	0

Tabla 5.12: Matriz de distribución de riesgo sísmico (MDNRS). Adaptado de (Bonett, 2003).

La distribución presentada en esta matriz corresponde a la configuración óptima que deberían tener los resultados de los niveles de riesgo sísmico evaluado en las edificaciones. Las casillas en fondo verde corresponden a la posición recomendable de la cantidad de edificios bajo riesgo sísmico en cualquiera de los escenarios, en tanto, las casillas en rojo indica una distribución desfavorable mientras que el contenido de las mismas corresponde a la calificación de la estructura en función de su uso y operatividad tal como se describe abajo.

Edificaciones A1: centros de atención en caso de emergencia o desastre

Edificaciones A2: centro de concentración, centrales eléctricas, construcciones patrimoniales.

Edificaciones A3: edificaciones ordinarias y las no comprendidas en las calificaciones anteriores.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

En esencia esta matriz intenta indicar el grado de proximidad en el cumplimiento y aplicación de criterios sismorresistente en la construcción de las edificaciones evaluadas acordes a los escenarios de amenaza estudiados.

Con la finalidad de simplificar la distribución, no se discrimina en el tipo de edificación y se asume a las 166 edificaciones como edificios A3. Además, solo se representan los resultados obtenidos a través del Método FUNVISIS motivado a la similitud y proporcionalidad obtenida en los resultados con los otros dos métodos.

	Niveles de Riesgo			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Sismo (1967)	2	129	35	0
Sismo de Diseño	0	2	40	124
Sismo Extraordinario	0	0	13	153

Tabla 5.13: Matriz de distribución de niveles de riesgo sísmico (MDNRS). Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5.13 se presenta la distribución de riesgo sísmico sobre la matriz MDNRS, se muestra en un marco azul todos aquellos valores que corresponden a una distribución óptima de niveles de riesgo, mientras que en las casillas rojas se ubican los valores que representan una distribución desfavorable de riesgo sísmico.

Se evidencia que la distribución de los resultados obtenido a través del Método FUNVISIS se ubican mayormente en las casillas rojas, indicando de forma alarmante el importante riesgo sísmico en la mayoría de las edificaciones estudiadas. Tanto para el escenario asociado al sismo de diseño al igual que el asociado al sismo de Caracas de 1967, se observa además que el 98 % de las edificaciones presentan estructuralmente un nivel de compromiso importante, pudiéndose generar pérdidas cuantiosas ante la ocurrencia de un sismo.

5.3.1. Aspectos sobre los métodos empleados en el estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico.

El estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico efectuado a través del empleo de tres métodos, no persigue en primera instancia determinar cuál es el más confiable aplicar al momento de evaluar las condiciones sismorresistente de un grupo de edificaciones, dado a las condiciones determinísticas y subjetivas que presentan estas metodologías. Es importante destacar que la selección de una metodología u otra viene dada en función del cumplimiento de los objetivos planteados, la inversión económica que represente el estudio, la urgencia del mismo y el grado de estimación requeridos en los resultados.

Se ha querido a través de este Trabajo Especial de Grados además de estimar los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios de la Parroquia Catedral, determinar el grado de proximidad que presenta el Método FUNVISIS con respecto a otros métodos de gran aplicación en este tipo de estudio, para el caso del Método Italiano, ha sido extensamente aplicado en ciudades de Europa, al igual que en varios países latinoamericanos y para el caso del Método FEMA ha tenido una grandísima aplicación sobre el estudio de riesgo sísmico en territorio norteamericano. Sin embargo la aplicación de estos métodos al ser empleados en alguna región distinta a la de origen, requieren de importantes ajustes y simplificaciones de manera de adaptar la evaluación de vulnerabilidad y riesgo sísmico a la cultura constructiva y los requerimientos normativos que pernotan en la región de aplicación.

El Método FUNVISIS consta de una metodología de reciente aplicación, siendo esta investigación una de las primeras en aplicarlo al estudio de vulnerabilidad, riesgo y priorización de edificios ante la ocurrencia de un sismo. Los resultados obtenidos a través de esta metodología han sido satisfactoriamente contiguos a los reportados por las otras dos metodologías, determinando así, a efectos de los objetivos planteados en esta investigación una validez y peso acorde a lo demandado.

5.4. LINEAMIENTOS PARA UN PLAN DE GESTIÓN LOCAL DE RIESGO SÍSMICO.

Uno de los objetivos del presente trabajo es establecer los lineamientos para un plan de gestión local de riesgo sísmico, por lo que luego de estudiar los diferentes escenarios de riesgo sísmico a los que puede estar sometida la zona en estudio se procede a evaluar las acciones que se pueden llevar a cabo para mitigar dicho riesgo.

Por mitigación de riesgo se entiende "cualquier acción preventiva que se toma antes de la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo intentando reducir sus consecuencias". Es decir, todas aquellas acciones que se realizan para minimizar en lo posible la vulnerabilidad sísmica ya que, como se mencionó anteriormente, el riesgo sísmico depende tanto de la amenaza sísmica como de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, pero la amenaza sísmica no se puede reducir debido a que es una característica intrínseca de la naturaleza, sin embargo, la vulnerabilidad sísmica si se puede disminuir gracias a que es una característica que el hombre puede manejar a través de la construcción y acondicionamiento de los edificios, entre otras cosas (Hérrnandez, 2002)

Para los 166 edificios que se estudiaron se reportó un total de veinte y un mil quinientos cuarenta y tres (21.543) personas, lo cual se puede constatar en la base de datos del Anexo C. Cabe destacar que esta cifra es un promedio de personas en el lugar ya que la zona reporto ser un lugar bastante comercial, lo cual afecta notablemente en la cantidad de personas que pueden estar presentes al momento de un evento sísmico.

Por otro lado, debido a la ubicación de la zona y la densidad de la población que se maneja, se proponen tres (3) lugares que pueden estudiarse como centro de concentración de personas y para la respuesta de emergencia luego de ocurrir un evento sísmico. Los mismos fueron elegidos puesto que son lugares abiertos y están ubicados en unos puntos estratégicos de fácil acceso. Además, dos (2) de ellos están adyacentes a la Avenida Urdaneta y la Avenida Universidad, lo que podría facilitar la movilización por parte de los organismos que atiendan la emergencia. Dichos lugares corresponden a la Plaza Bolívar, Plaza Andrés Eloy Blanco y la Plaza El Venezolano (Anexo B).

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

5.4.1. Conocimientos previos de los ocupantes de las edificaciones.

Para establecer los lineamientos del plan de gestión local de riesgo sísmico se quiso saber que conocimientos en cuanto prevención manejan los ocupantes de los edificios estudiados, por lo que estas características de los habitantes también fueron levantadas con la Planilla de Inspección y el Complemento, y las mismas se presentan en la tabla 5.13.

Bajo las condiciones de mala, regular y buena fueron evaluados los conocimientos previos de los ocupantes en relación a prevención y preparación, primeros auxilios, simulacros de desalojo y conocimiento estructural, arrojando resultados pocos deseados, según lo que se observa en la figura 5.46, donde la condición que predomina es la mala para todas las características evaluadas con más del 50%. La importancia de estos conocimientos antes, durante y después de un evento sísmico establece en parte el desenvolvimiento de la comunidad frente a dicho evento, facilitando las operaciones de los bomberos, defensa civil y demás organismos participantes en el momento de respuesta a la emergencia. Sin embargo, apenas treinta y cuatro (34) personas fueron las que presentaron tener un conocimiento regular y otras veintitrés (23) un conocimiento bueno en el área de primeros auxilios.

Tabla 5.13 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo al Conocimiento Previo de los Ocupantes.

Conocimiento previo de los ocupantes de las edificaciones				
	Prevención y preparación	Primeros auxilios	Simulacros de desalojo	Conocimiento estructural
Mala	119	109	143	127
Regular	29	34	8	28
Buena	18	23	15	11

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

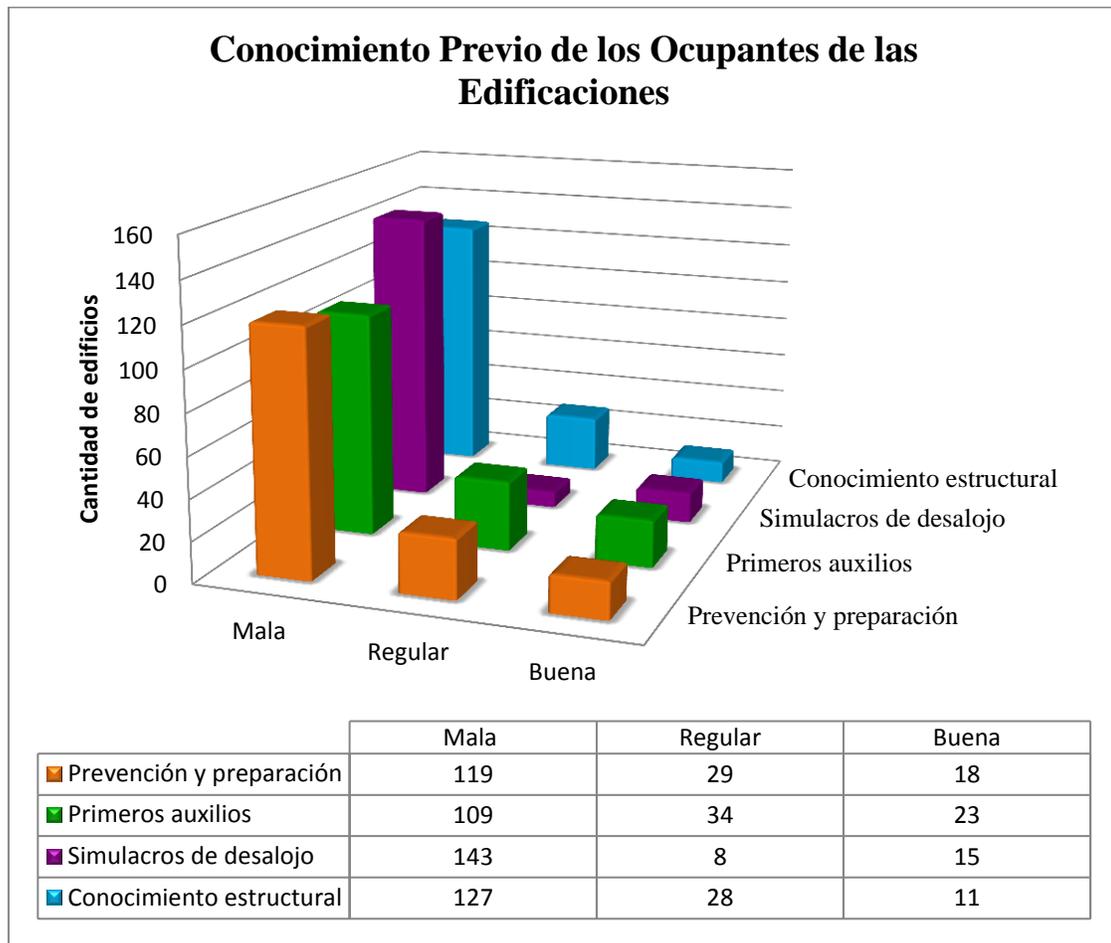


Figura 5.46 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo al Conocimiento Previo de los Ocupantes. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, están las personas que se dedican o han tenido una experiencia laboral en las áreas de salud/medicina, ingeniería civil/construcción, seguridad y asistencia social (tabla 5.14), las cuales podrían prestar una mejor ayuda al momento y después de la ocurrencia de un sismo, además son estas personas las que jugarían un papel primordial en la parte de apoyo dentro del plan de gestión local de riesgo sísmico, ya que con su participación ayudarían a fortalecer el mismo, incluso serían multiplicadores de sus conocimientos en las áreas antes mencionadas, todo bajo una buena organización de la comunidad.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Tabla 5.14 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo a los Ocupantes Operativos.

	Habitantes según ocupación de los edificios			
	Salud/ Medicina	Ing. Civil/ Construcción	Seguridad	Asistencia social
Si hay	40	27	60	23
No hay	126	139	106	143

Fuente: Elaboración propia.

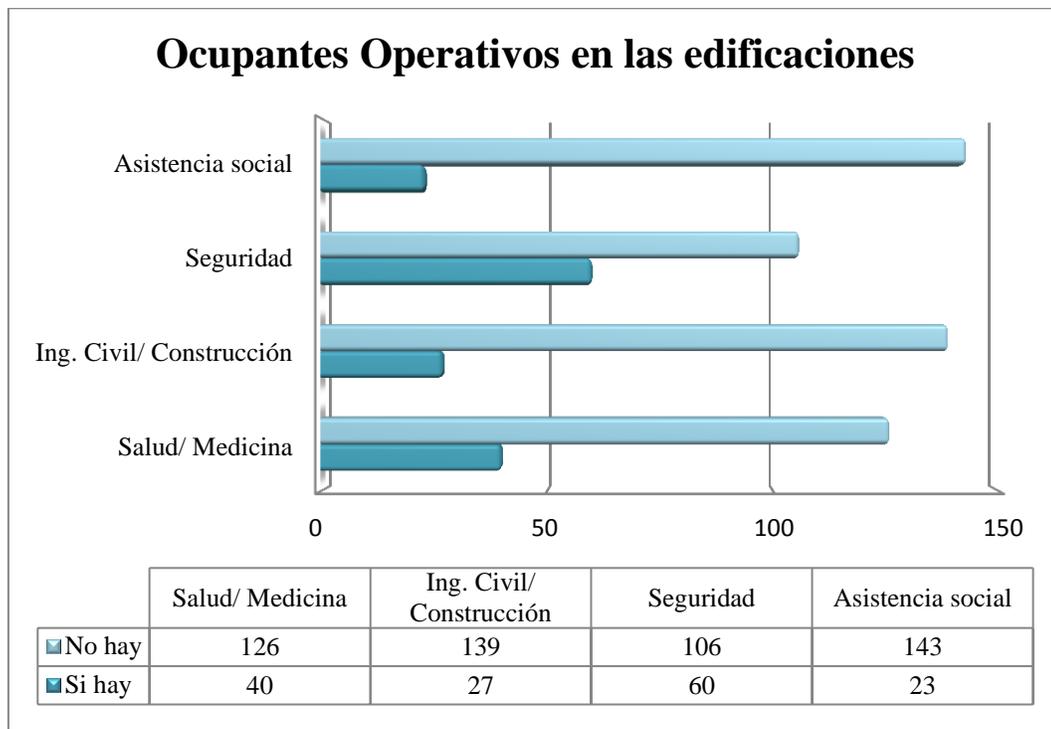


Figura 5.47 Distribución Numérica de las Edificaciones de acuerdo a los Ocupantes Operativos. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5.48 se propone un proceso de decisión para el manejo del riesgo sísmico, el mismo se divide en tres partes, la primera *estimación del riesgo* hace referencia a la evaluación de la problemática presente, la cual se analiza a través de los escenarios de riesgo y priorización establecidos según el método seleccionado para el cálculo del mismo; de segundo se presenta *revisión de las alternativas de mitigación* en donde se muestran y analizan todas

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

las medidas que se pudieran crear para la solución del problema y por último está la *toma de decisión*, en base a criterios de selección se escoge(n) la(s) alternativa(s) y se describe la misma tomando en cuenta los recursos con que se dispone, luego se toma la decisión de la ejecución de la misma (CSSC, 1999).

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

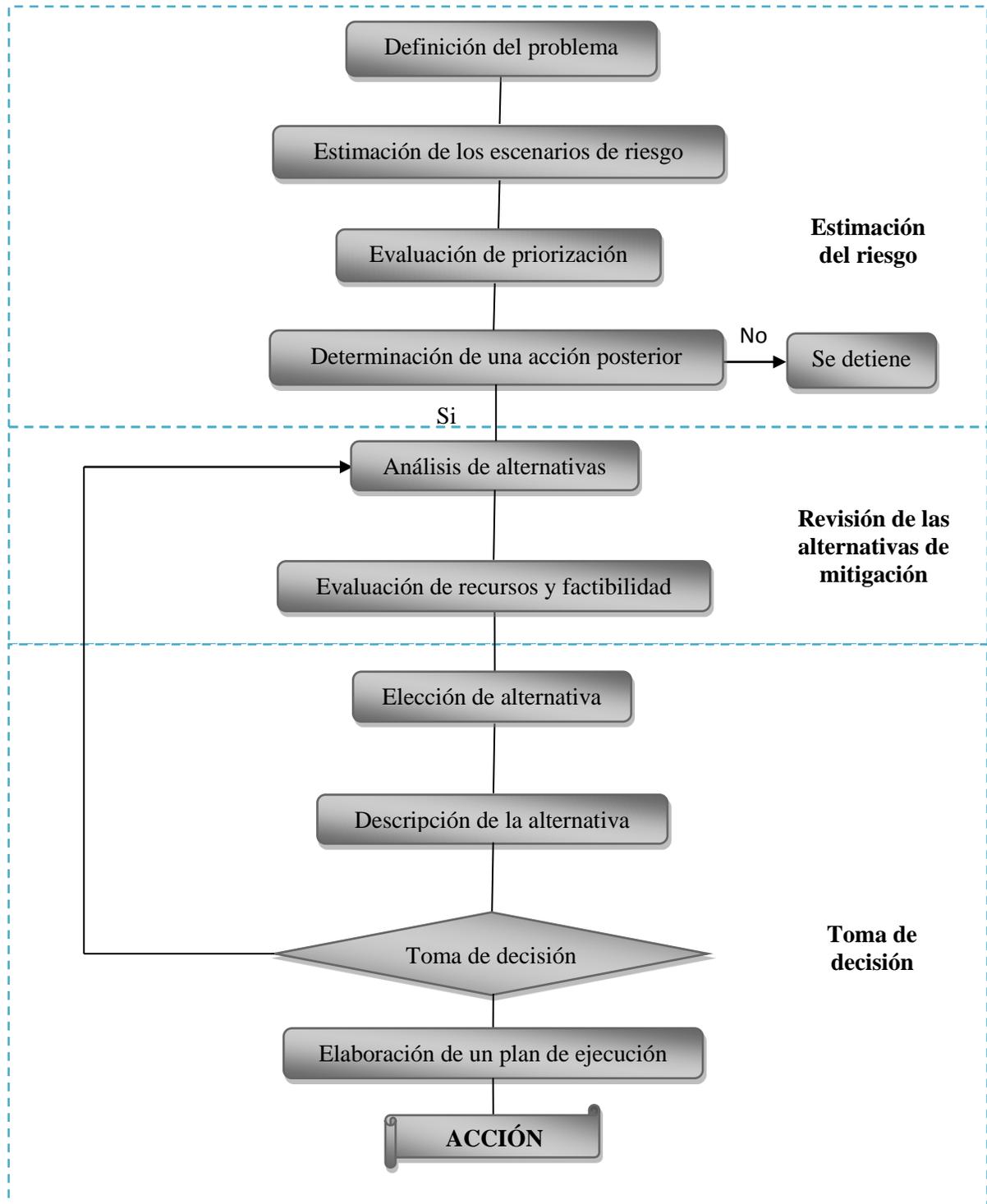


Figura 5.48 Proceso de decisión del manejo del riesgo sísmico.

Fuente: adaptación de (CSSC, 1999).

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

Una de las instituciones que ha trabajado en pro de la mitigación del riesgo sísmico ha sido la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), quien ha presentado una serie de recomendaciones a través del plan de acción antes, durante y después de un evento sísmico, las cuales se resumen a continuación:

Medidas antes de la ocurrencia de un evento sísmico.

- Elaborar un plan de contingencia en cada grupo familiar o de trabajo, con el fin de precisar la conducta y acciones de cada miembro.
- Practicar dicho plan, ubicando el lugar más seguro del espacio de vivienda, comercio, oficina, etc., además, disponer en él de un botiquín de primeros auxilios, agua, comida, destapador, radio, linterna, baterías, extintor, un pito, libreta con teléfonos de centros de salud y autoridades. Cerciorarse de la ubicación de los miembros del grupo.
- Identificar los lugares más seguros y las áreas más peligrosas y susceptibles de daño en la unidad de ocupación de la edificación, manteniendo las salidas libres.
- Asegurar y ubicar objetos pesados que puedan caer, como lámparas, bibliotecas, tableros, materos, calentadores, ventiladores, entre otros.
- Tener a mano las herramientas para cerrar el agua y el gas.
- Identificar y asignar un lugar para las llaves.
- No almacenar líquidos inflamables o corrosivos.
- Conocer recursos humanos y materiales presentes en su edificación. Precisar rutas alternas de escape.

Medidas durante la ocurrencia de un evento sísmico.

- Mantener la calma, reaccionando con serenidad y poner en marcha el plan de emergencia previamente elaborado. Evitar correr.
- Mantenerse con el grupo.
- Protegerse de cualquier objeto que pueda golpear o cortar al caer.
- Ubicarse debajo de mesas, escritorios, camas, o resguardarse en un lugar resistente de la edificación. Alejarse de ventanas, espejos y puertas de vidrio.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

- Si la edificación es de varios pisos, colocarse contra una pared interior y protegerse la cabeza con los brazos. Alejarse de balcones y utilizar el lugar más seguro para autoprotección.
- Sólo usar las escaleras, ya que se puede quedar atrapado dentro del ascensor.
- Alejarse de edificaciones, paredes, postes, árboles, cables eléctricos y otros elementos que puedan caer.
- Si se está en un vehículo propio o de uso público, detenerlo inmediatamente permaneciendo dentro de él, y protegerse la cabeza con los brazos.

Medidas después de la ocurrencia de un evento sísmico.

- Interrumpir los servicios de gas, agua y electricidad.
- No encender fósforos, velas ni yesqueros, porque de haber ruptura de tubería de gas puede provocar una explosión.
- Si se producen incendios, apagarlos si no ponen en peligro la vida de algún miembro del grupo.
- Encender la radio de baterías para escuchar las recomendaciones de las autoridades.
- Luego de desalojar la edificación, no volver a ella por ningún motivo.
- No caminar descalzo, prestando atención a los escombros que se pisa y cuidado al moverlos porque pueden soportar estructuras que se pueden caer.
- Usar el agua de reserva de calentadores, tanques limpios y tanques de inodoros (pocetas), procurando no descargar estos últimos hasta tanto no estar seguro de que la tubería de aguas negras no está rota.
- Alejarse de edificaciones que se puedan derrumbar.
- Mantener en marcha el plan de emergencia, previamente elaborado antes de la ocurrencia del evento sísmico.

De manera de complementar las medidas para la mitigación del riesgo sísmico presentadas anteriormente, se presentan otras acciones que se pueden llevar a cabo por parte de la comunidad de tal forma que tengan el mayor conocimiento y preparación para antes y después de ocurrir un evento sísmico. Cabe destacar que, la clave para el éxito en la implementación de estas medidas está en la organización y coordinación de las personas involucradas así como de la participación de la comunidad en su posible totalidad. Por otro lado, las mismas pueden ser

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

ajustadas y perfeccionadas siempre y cuando se cuente con la supervisión de personal capacitado. En base a las estadísticas presentadas en la figura 5.46, para la zona de estudio se recomienda buscar ayuda de instituciones como Protección Civil, FUNVISIS, etc.

A continuación se proponen los lineamientos para los escenarios evaluados en este trabajo; cabe destacar que, sólo se tomaron en cuenta los resultados obtenidos a través del método de FUNVISIS para el planteamiento de dichos lineamientos.

Para el escenario de riesgo sísmico asociado a un terremoto similar al ocurrido en Caracas en 1967, con una distribución porcentual de los edificios estudiados de 21% con un riesgo alto, 78% con riesgo moderado y 1% con riesgo bajo (figura 5.7) se recomienda tomar las siguientes medidas.

- Organizar eventos de formación, entrenamiento y divulgación dedicados a la prevención de desastres, así como al comportamiento que se debe adoptar antes, durante y después de un evento sísmico. Es importante mencionar que se pueden hacer encuentros periódicos con el propósito de reforzar y actualizar la información en cuanto a los conocimientos adquiridos. También, repartir al público material de apoyo como afiches, trípticos y demás materiales que sirvan para difundir y actualizar la información en materia de prevención en los desastres sísmicos.
- Organizar y ejecutar los planes para simulacros de desalojo de la edificación, para lo cual se deben evaluar y establecer la mayor cantidad de rutas posibles dentro de la edificación, y vigilar que las mismas siempre se encuentren disponibles y en buen estado. Se recomienda seguir los criterios establecidos en la Norma COVENIN 3810 (COVENIN, 2003). A su vez, se recomienda ejecutar el simulacro de desalojo al menos cada tres (3) meses, y en momentos sin previo aviso, usando una alarma de sonido contundente que pueda ser escuchado por todos los ocupantes de la edificación.
- Crear en las comunidades un lugar donde funcione una "Comisión Especial Asesora para la Mitigación del Riesgo Sísmico".

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

- Realizar inspecciones periódicas del buen funcionamiento y mantenimiento a los servicios básicos con los que debe contar el edificio. Además de señalización de las rutas de escape, extintores, etc.
- Ubicar si en el edificio se encuentran personas con discapacidad motora, con el fin de proporcionarles una adecuada asistencia frente a una emergencia. Por lo que el edificio debe contar con rutas de escape que le faciliten el desalojo a estas personas.
- Delegar por edificio un representante ante un comité a nivel de parroquias o sectores. Dicho comité se encargara de establecer, junto a las autoridades pertinentes, un plan para la ubicación de las personas en los diferentes espacios de encuentro, mencionados líneas atrás, luego de ocurrido un terremoto.

El escenario de riesgo sísmico asociado a un sismo de diseño similar al sismo ocurrido en caracas en 1812, presentó una cantidad mayor de edificaciones con un riesgo muy alto, el 75% de los edificios evaluados (figura 5.10), además, un 24% reporto un riesgo alto y apenas un 1% un riesgo moderado. En este caso, es evidente que el escenario es más crítico por lo que se recomienda aplicar medidas extras, que complemente las mencionadas anteriormente, con el fin de mitigar el riesgo sísmico. Dichas medidas son:

- Con la ayuda de los Bomberos, Defensa Civil y la Cruz Roja, ofrecer talleres de Autoprotección Civil que en pocas horas entrene a los residentes en primeros auxilios médicos, triaje de heridos, operaciones de rescate, manejo de incendios, etc.
- Organizar, por edificaciones, grupos de personas con conocimiento y capacidad para dirigir desalojos de la edificación inmediatamente de haber ocurrido un terremoto. Esto se pudiera lograr a través de la designación de cargos y tareas puntuales que cada una de las personas pueda realizar, además de trabajar organizadamente y en equipo.
- Despliegue de cuerpos de seguridad que controlen y organicen la reubicación de las personas en refugios al igual que el manejo de centros de acopio.

El último de los tres (3) escenarios de riesgo es el asociado a un sismo de magnitudes extraordinarias, en éste escenario los niveles de daño que podrían ocurrir son significativos, puesto que más del 90% de los edificios evaluados reportaron un nivel de riesgo muy alto (figura 5.13). Si la comunidad no cuenta con la suficiente preparación para afrontar éste tipo

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICOS.

de escenario se podría incrementar el desastre, pudiéndose reducir los efectos tomando medidas preventivas, en las cuales están enmarcados estos lineamientos. Es importante recordar que los siguientes lineamientos son un complemento de los presentados anteriormente.

- Conocer la ubicación de los ocupantes operativos de modo que sean partícipes en las labores de rescate y asistencia de personas que lo ameriten.
- Evaluación inmediata de las edificaciones no colapsadas con el objeto de determinar su operatividad en la atención de los afectados.

Con un trabajo multidisciplinario se tendría un mayor éxito en la aplicación de estos lineamientos, además del trabajo organizado y en equipo, con una conducta participativa, siempre con vista al enriquecimiento del conocimiento.

CONCLUSIONES

Se ha logrado en esta investigación, la creación de una base de datos que recopila información estructural, de uso y de los ocupantes para 166 edificios de la Parroquia Catedral de Caracas, con esta información se ha podido caracterizar la zona estudiada al igual que presentar estadísticas que reportan la condición de los edificios evaluados. De los datos recopilados se destaca que un 74% de los edificios estudiados son de pórticos de concreto armado y un 52% son de poca altura (0-3 niveles). Un dato importante evidenciado en esta base de datos se presenta en el periodo constructivo, donde un 84% de las edificaciones han sido construidas antes del sismo de 1967 y solo un 6% reportan haber sido construidos con normas recientes (1983-2001). Se ha conseguido incorporar esta información en un Sistema de Información Geográfica, permitido generar mapas temáticos en los cuales se han presentado estos datos georreferenciado al igual que mostrar la distribución espacial de varias características evaluadas.

Se determinó en la muestra de los edificios de la Parroquia Catedral los niveles de vulnerabilidad sísmica, evaluando la información de la base datos a través de tres metodologías diferentes, con las cuales se ha logrado evidenciar un entorno bastante vulnerable, las características sismorresistentes de la mayoría de las edificaciones estudiadas corresponden a construcciones realizadas con una considerable ausencia en aplicación de aspectos que las normas de construcción actuales consideran favorable en el diseño sismorresistente. Las construcciones más antiguas evidentemente han presentado las calificaciones más negativas en cuanto a vulnerabilidad, estas representan un 25% del total estudiado y en su mayoría corresponden a construcciones coloniales. Se pueden citar para este caso a la Catedral de Caracas, la Iglesia de San Francisco, el Palacio de las Academias, la Antigua Corte de Justicia, la Iglesia Santa Capilla, la Casa Natal del Libertador, el Museo Sacro, sede del Gobierno del Distrito Capital, la Casa Amarilla y el Palacio Arzobispal, las cuales han sido reportadas con una vulnerabilidad alta por las tres metodologías aplicadas en este trabajo. El resto de las construcciones no han sido calificadas con una mejor vulnerabilidad, muchas de las construcciones con una tipología estructural diferente a las

construcciones coloniales han reportado un alto grado de vulnerabilidad sísmica ya que aproximadamente un 30% de las edificaciones estudiadas presentan una vulnerabilidad alta.

De la comparación efectuada a los resultados reportados por las tres metodologías se evidencia diferentes criterios de evaluación, por una parte en el Método Italiano se incorporaron simplificaciones en la evaluación de los parámetros, ajustándolos a la información recopilada en la base de datos y por otro lado en el Método FEMA (2002), se presentan puntajes bases para cada tipología estructural que no corresponden a la cultura constructiva y aspectos normativos de nuestro país. Sin embargo la correspondencia en los resultados obtenidos por el Método FUNVISIS y el Método Italiano para la estimación de los Índices de Vulnerabilidad es muy semejante, reportándose para ambas metodologías valores cercanos al 60% y 30% en vulnerabilidad moderada y alta respectivamente. No así ha ocurrido con el Método FEMA, donde más del 60% de las edificaciones reportan una vulnerabilidad alta.

Se definieron tres escenarios de amenaza sísmica, el primero asociado al terremoto ocurrido en Caracas en el año de 1967 donde se estimó una coeficiente de aceleración en roca A_0 de 0,10g, correspondiendo este valor a un Índice de Amenaza (I_A) igual 0,23. El segundo escenario se relaciona al sismo de diseño establecido en la norma COVENIN 1756-2001, relacionado al terremoto ocurrido en Caracas en 1812, correspondiendo a este escenario un A_0 igual a 0,28g y un I_A de 0,64 y por último, un escenario asociado a un terremoto de dimensiones extraordinarias para el cual se estimó un A_0 igual a 0,36 y un I_A de 0,83.

De la evaluación de los niveles de riesgo sísmico se concluye una situación de considerable cuidado para los edificios estudiados, los resultados reportado aflora un entorno de importantes atención asociados a la probable ocurrencia de un terremoto similar al sucedido en Caracas para 1967, para este escenario aproximadamente el 60% de las edificaciones ha reportado un riesgo sísmico moderado, luego para el escenario del sismo de diseño resultó que en dos de las metodologías evaluadas, más de 65% de los edificios presentan niveles de riesgo muy alto, mientras que para el escenario asociado al sismo extraordinario se evidencia más de 90% con niveles de riesgo sísmico con igual calificación. Para estos dos últimos escenarios los niveles de pérdida probables pueden resultar alarmantes.

No es suficiente con determinar la alta vulnerabilidad y riesgo sísmico que presentan la mayoría de los edificios de la Parroquia Catedral, es indispensable que se comiencen a dar importancia y atención a nuevas investigaciones orientadas a la activación de planes que alerten a la sociedad sobre el riesgo latente por la ocurrencia de un sismo, la aplicación de políticas que regulen la acción de las instituciones involucradas en la atención de situaciones de riesgo y emergencias y la inversión en nuevos proyectos de infraestructura que busquen mejorar la condición resistente de muchas estructuras existentes que son vulnerables. La puesta en marcha de estas acciones permitirá mitigar en buena medida las posibles pérdidas sociales y económicas que pueden ocasionar los terremotos.

Por ello, un gran logro de este trabajo, en base a los niveles de riesgo sísmico reportado por los edificios de la Parroquia Catedral para los tres escenarios de amenaza, es la propuesta de lineamientos para un plan de gestión de riesgo sísmico, el cual apunta a establecer acciones que permitan preparar a la población ante un terremoto, al igual que preparar a las instituciones involucradas en la atención de emergencias y desastres.

RECOMENDACIONES

En base a los niveles de priorización, un 35% de las edificaciones estudiadas reportaron tener un estado de atención prioritaria, lo que sugiere una evaluación inaplazable de su condición estructural y de uso, en las cuales se desarrollen alternativas para la mitigación del riesgo sísmico de estos edificios, con el fin de atender la problemática y necesidades de la comunidad, así como de salvaguardar la vida de estas personas. Por otro lado, se tiene un 41% de edificios estudiados que obtuvieron una calificación de obligatoria, para las cuales se recomienda, igualmente, una evaluación oportuna.

Se sugiere, en vista de que más del 70% del total de edificios estudiados necesitan de una pronta evaluación detallada, el desarrollo de nuevas investigaciones de modo que complementen el presente trabajo y respondan de manera eficiente a las demandas de atención de estos edificios, ya que los escenarios de riesgo sísmico evaluados a través de la aplicación de los tres métodos presentados en este trabajo, no se considera herramienta única para plantear las alternativas de intervención de los edificio, debido al carácter determinístico de las metodologías empleadas para la obtención de los resultados. Dichos trabajos pueden estar enfocados en el estudio de la respuesta dinámica de la estructura ante fuerzas sísmicas, evaluación del uso del edificio, distribución espacial, etc. utilizando los resultados de priorización de este trabajo.

Se propone, dar continuidad a la aplicación de estos estudios de evaluación del riesgo sísmico, tanto en los lugares adyacentes a la zona de estudio dentro de la Parroquia Catedral como en otros sectores a fin de caracterizar otros entornos urbanos y masificar estas evaluaciones.

Se recomienda, para la calificación de los índices de vulnerabilidad y riesgo sísmico establecer varios marcos de referencia con el fin de ajustar los rangos de los mismos. Ya que en este trabajo sólo se usó el edificio Mijagual para establecer los índices cualitativos de los índices de vulnerabilidad, riesgo sísmico y priorización.

En cuanto a las recomendaciones al Método FUNVISIS, sería conveniente evaluar en las irregularidades la configuración geométrica entre los elementos estructurales, como por ejemplo configuraciones desfavorables de nodos, así como también establecer condiciones específicas para la evaluación de construcciones patrimoniales y coloniales, se puede considerar igualmente la evaluación de un parámetro asociado al tipo de entrepiso o diafragma horizontal del edificio evaluado. Para la planilla de inspección se propone la definición de nuevas tipologías estructurales, como estructuras mixtas, al igual que la incorporación del calificativo “bajo” en el ítem sobre grado de deterioro, a fines de caracterizar mejor esta condición.

REFERENCIAS

- Abou B., F. &. (2005). *Evaluación del Riesgo Sísmico en Escuelas Tipo Antiguo II*. Caracas: Ingeniería Civil-UCV.
- Aguiar Falconi, R., & Bolaños, D. (2006). *Evaluación Rápida de la Vulnerabilidad Sísmica en Edificios de Hormigón Armado*. Quito.
- Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios. Aplicación a Entornos Urbanos en Zonas de Amenaza Alta y Moderada*. Barcelona.
- Briceño. (2007). *Desde el Terremoto de Caracas hasta FUNVISIS*. Caracas: FUNVISIS.
- Caballero, A. R. (2007). *Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica por el Método del Índice de Vulnerabilidad en las Estructuras Ubicadas en el Centro Histórico de la Ciudad de Sincelejo, Utilizando la Tecnología del Sistema de Información Geográfica*. Sincelejo.
- Cardona, O. (2001). *Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*. Barcelona.
- Coronel D., G., López, O. A., & Betancourt, N. (2010). *Evaluación de Niveles de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Mediante Curvas de Fragilidad. X Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica*. Santiago, Chile.
- COVENIN. (2001). *Edificaciones Sismorresistentes. Norma COVENIN 1756:2.001*. Venezuela.
- COVENIN. (2003). *Guía Para la Realización de Simulacros*. Venezuela.
- COVENIN. (2001a). *Norma Venezolana 3661:2001. Gestión de Riesgos Emergencias y Desastres. Definición de Términos*. Caracas.
- CRED. (2009). *Revisión Estadística Anual de los Desastres*. Bruselas: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.

CRED. (2010). *Revision Estadística Anual de los Desastres*. Bruselas: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.

CSSC. (1999). *Earthquake Risk Management: A toolkit for Decision- Makers*. California: California Seismic Safety Commission, State of California.

ESRI. (1995). *ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC*. Recuperado el 02 de marzo de 2011, de <http://www.ciesin.columbia.edu/docs/005-331/005-331.html>

FEMA. (2002). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. Second Edition*. FEMA 154/March 2002.

FEMA-NIBS. (2009). *Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model, Advance Engineering Building Module, Technical and Usre's. Federal Emergency Magnagement Agency and National Institute of Building Sciences*. Whashington D.C.

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. (s.f.). *FUNVISIS*. Recuperado el 20 de Octubre de 2011, de http://www.funvisis.gob.ve/archivos/pdf/MANUAL_DE_AUTOPROTECCION_DE_FUNVISIS.pdf

FUNVISIS. (2009a). *Boletín Sismológico Trimestral de Venezuela Julio-Septiembre*. Caracas.

FUNVISIS. (2011). *Índices de Priorización de Edificios para la Gestión del Riesgo Sísmico*. Caracas.

FUNVISIS. (2009). *Informe Técnico Final, Volumen 1 Caracas, Proyecto de Microzonificación Sísmica en la Ciudadada de Caracas y Barquisimeto*. Caracas: Proyecto FONACIT 200400738.

FUNVISIS et al. (2011). *Inventario de las características de las edificaciones, el entorno y la comunidad del casco histórico de Caracas que condiciona su vulnerabilidad y riesgo sísmico*. Caracas: Material inedito a ser publicado.

FUNVISIS. (2002). *La Investigación Sismológica en Venezuela*. Caracas, Venezuela.

(GSHAP). (1999). *Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP)*. Recuperado el 02 de marzo de 2011, de <http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/>

Hernández, J. J. (2009). *Confiabilidad Sísmica-Estructural de Edificaciones Existentes de Caracas. Proyecto Pensar en Venezuela*. C.I.V., Jornadas 18 y 19 de Septiembre.

Hernández, U. M. (2002). *Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas*. Barcelona.

IMME, FUNVISIS y FEDE. (2011). *Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela. Informe Técnico Final, Proyecto Fonacit N° 200300018*. Caracas.

JICA. (2004). *Estudio Básico sobre Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas en la República Bolivariana de Venezuela*. Japan International Cooperation Agency (JICA).

Rojas, R. (2010). *Curvas de Fragilidad Sísmica para Edificios Apórticados de Concreto Reforzado de Poca Altura*. Caracas.

Safina S., López A., Luis A., Lirio B., Castillo L., Marval N., Gonzáles J., Prieto J. (2009). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones en el Municipio Chacao, Área Metropolitana de Caracas*. Caracas.

Servicio de Información para la Diversidad Cultural. (2009). Parroquia Catedral. *El SIDC Informa*.

UPC. (06 de Abril de 2010). *Universidad Politécnica de Cataluña*. Recuperado el 21 de Enero de 2011, de http://www.upc.edu/saladeprensa/informacio/monografics/ingenieria-sismorresistente?set_language=es

Yépez, F. (1994). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Manpostería para Estudios de Riesgo Sísmico. Tesis de Masters*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

ANEXOS

ANEXO A: Planillas de Inspección de Edificaciones y referencia de planilla FEMA-154.

ANEXO B: Ubicación Planimétrica de Edificaciones.

ANEXO C: Base de Datos de Edificaciones Estudiadas. (Material digital).

ANEXO D: Índices de Vulnerabilidad, Riesgo Sísmico y Priorización de los Métodos Evaluados. (Material digital).

ANEXO E: Servicios Presentes en las Edificaciones.

ANEXO F: Memoria Fotográfica. (Material digital).

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES, COMPLEMENTO Y REFERENCIA PLANILLA FEMA-154.

ANEXO A

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES Y EL COMPLEMENTO

 Gobierno Bolivariano de Venezuela		Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias		Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)		 200 ANIVERSARIO	
PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES (Características Sismorresistentes)							
1. Datos generales (rellenar)							
1.1 Fecha:		1.2 Hora inicio:		1.3 Hora culminación:		1.4 Código:	
2. Datos de los participantes (rellenar)							
Función		Nombre y apellido		Teléfono		Correo Electrónico	
2.1 Inspector							
2.2 Revisor							
2.3 Supervisor							
3. Datos del entrevistado (rellenar)							
3.1 Relación con la Edif.		3.2 Nombre y apellido		3.3 Teléfono		3.4 Correo Electrónico	
4. Identificación y ubicación de la edificación (rellenar)							
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., Sector, Barrio:			
4.10 Calle, Vereda, otro:		4.11 Manzana N°:		4.12 N° Parcela:			
Proy. UTM(REGVEN) 4.13 Coord. X:		4.14 Coord. Y:		4.15 Huso:			
5. Uso de la edificación (marcar con "x", múltiples opciones)							
<input type="checkbox"/> Gubernamental <input type="checkbox"/> Bomberos <input type="checkbox"/> Protección Civil <input type="checkbox"/> Policial		<input type="checkbox"/> Militar <input type="checkbox"/> Vivienda Popular <input type="checkbox"/> Vivienda Unifamiliar <input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar		<input type="checkbox"/> Medico-Asistencial <input type="checkbox"/> Educativo <input type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo <input type="checkbox"/> Cultural		<input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Oficina <input type="checkbox"/> Religioso <input type="checkbox"/> Otro (Especifique) _____	
6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "x", una opción)							
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			
7. Año de construcción (rellenar y marcar con "x", una opción)							
Año: _____		<input type="checkbox"/> Antes de 1939 <input type="checkbox"/> Entre 1968 y 1982		<input type="checkbox"/> Entre 1940 y 1947 <input type="checkbox"/> Entre 1983 y 1998		<input type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955 <input type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001 <input type="checkbox"/> Después de 2001	
8. Condición del terreno (marcar con "x", una opción por pregunta)							
8.1. Edificación en:		<input type="checkbox"/> Planicie <input type="checkbox"/> Ladera <input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Cima		8.2 Pendiente del terreno: <input type="checkbox"/> 20° - 45° <input type="checkbox"/> Mayor a 45°		8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
8.6 Drenajes: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No				8.4 Pendiente del talud: <input type="checkbox"/> 20° - 45° <input type="checkbox"/> Mayor a 45°		8.5 Separación al talud: <input type="checkbox"/> Menor a H del Talud <input type="checkbox"/> Mayor a H del Talud	
9. Tipo estructural (marcar con "x", múltiples opciones)							
<input type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado <input type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto <input type="checkbox"/> Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales <input type="checkbox"/> Sistemas con muros de concreto armado en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel <input type="checkbox"/> Pórticos de acero <input type="checkbox"/> Pórticos de acero con perfiles tubulares		<input type="checkbox"/> Pórticos de acero diagonalizados <input type="checkbox"/> Pórticos de acero con cerchas <input type="checkbox"/> Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos <input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada <input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada					
10. Esquema de planta (marcar con "x")				11. Esquema de elevación (marcar con "x")			
<input type="checkbox"/> "H" <input type="checkbox"/> "L" <input type="checkbox"/> "Esbeltez horizontal" <input type="checkbox"/> "T" <input type="checkbox"/> "O" <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> "U" <input type="checkbox"/> " " ó " "				<input type="checkbox"/> " T " <input type="checkbox"/> "U" <input type="checkbox"/> "Esbeltez vertical" <input type="checkbox"/> "Piramide invertida" <input type="checkbox"/> "L" <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> "Piramidal" <input type="checkbox"/> " "			

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES, COMPLEMENTO Y REFERENCIA PLANILLA FEMA-154.

 Gobierno Bolivariano de Venezuela	Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)	 200 ANIVERSARIO	 FUNVISIS
12. Irregularidades (marcar con "x", múltiples opciones)				
<input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones		<input type="checkbox"/> 12.6 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta		
<input type="checkbox"/> 12.2 Presencia de al menos un entrepiso débil ó blando		12.7 Separación entre edificios (cm): _____		
<input type="checkbox"/> 12.3 Presencia de columnas cortas		<input type="checkbox"/> 12.8 Adosamiento: Losa contra losa		
<input type="checkbox"/> 12.4 Discontinuidad de ejes de columnas		<input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra columna		
<input type="checkbox"/> 12.5 Aberturas significativas en losas				
13. Grado de deterioro (marcar con "x", una opción por pregunta)				
13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo:		<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo:		<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.3 Agrietamiento en paredes de relleno:		<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.4 Estado general de mantenimiento:		<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Bajo
14. Observaciones				
_____ _____ _____				
15. Croquis de situación, ubicación y planta				
Croquis de situación  Norte		Croquis de planta  Norte		
				
Croquis de ubicación  Norte				
16. Croquis de fachadas				
 				

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES, COMPLEMENTO Y REFERENCIA PLANILLA FEMA-154.

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES											
(Datos Complementarios)											
1. Datos Generales (rellenar)											
1.1 Fecha: _____			1.2 Hora inicio: _____			1.3 Hora culminación: _____			1.4 Código: _____		
2. Datos de los Participantes (rellenar)											
Función		Nombre y apellido			Teléfono			Correo Electrónico			
2.1 Inspector:											
3. Detalle sobre los Usos (rellenar y marcar con "x", múltiples opciones)											
3.1 Usos de la Edificación							3.2 Número de Unidades por Uso			3.3 Conformidad de Uso Nº:	
Edificación	En Planta Baja		En Mezzanina(s)		En Pisos Superiores		Planta	Mezza	Pisos		
	Original	Actual	Original	Actual	Original	Actual					
Residencial.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____	_____	
Comercial.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Industrial.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Educativo.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Recreativo / Deportivo.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Médico / Asistencial.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Oficina Gubernamental.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Oficina Empresarial.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Centro de Concentración de Público... ()	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Socio-cultural / Histórico.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Servicios Públicos.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Policial / Militar.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
Estación de Bomberos.....	()	()	()	()	()	()	_____	_____	_____		
4. Datos Sobre los Servicios (marcar con "x", una opción por pregunta)											
4.1 Sistema de Suministro de Gas					4.2 Sistema de Suministro de Agua Potable						
() Directo	() Bombonas	() NP	() Acueducto	() Pila Pública	() Camión Cisterna	() NP					
4.3 Sistema de Servicio Telefónico			4.4 Sistema de Servicio Eléctrico			4.5 Sistema de Recolección de Aguas Servidas					
Nº de Líneas: _____ () NP		¿Medidor? () Sí / () No		() NP	() Cloacas	() Pozo Séptico	() Letrina	() NP			
5. Elementos No Estructurales (marcar con "x", múltiples opciones)											
5.1 Tipos de Entrepiso y Techo			5.2 Concentración de Cargas en la Estructura				5.3 Recubrimiento Predominante en Fachada				
() Losa Maciza			Tipo NP / Centrado / Excéntrico				() Friso y Pintura				
() Losa Nervada en 1 Dirección			Sala de Máquinas () () ()				() Tabillas () Cerámica				
() Losa Nervada en 2 Direcciones			Tanque de Agua () () ()				() Mosaico () Vidrio Enmarcado (ventanas)				
() Losas Apoyadas sobre Columnas			Vallas Publicitarias () () ()				() Otro: _____ () Vidrio en Paneles (courtain wall)				
() Losa de Tabelones			Piscina () () ()								
() Losas Pretensadas			Unidades de Aire Acondicionado () () ()				5.4 Elementos Adosados en Fachada				
() Láminas de Acero Colaborante			Máquinas () () ()				() Antepecho				
() Vigas de Acero			Industriales () () ()				() Balcones				
() Techos de Asbesto/Cemento			Helipuerto () () ()				() Jardineras				
() Techos de Láminas de Zinc			Otro: () () ()				() No Hay				
() Techos de Madera/Tejas											
6. Intervenciones a la Estructura (marcar con "x", una opción por pregunta)					7. Datos del Archivo (rellenar)						
6.1 Daños, Modificaciones y Ampliaciones			Ninguno	Menores	Mayores	7.1 Información del proyecto			7.2 Información del archivo		
Daños por sismos pasados reparados			()	()	()	Año: _____			Número: _____		
Daños por sismos pasados no reparados			()	()	()	Permiso de: _____			Número de: _____		
Daños por otros eventos pasados reparados			()	()	()	Construcción: _____			Permiso de construcción: _____		
Daños por otros eventos pasados no reparados			()	()	()	Habitabilidad: _____			Habitabilidad: _____		
Ampliaciones Posteriores			()	()	()	Ampliación: _____			Ampliación: _____		
Remodelaciones			()	()	()	Modificación: _____			Modificación: _____		
Refuerzos Estructurales			()	()	()	Conformidad ocupacional: _____			Conformidad ocupacional: _____		
8. Información Sobre los Ocupantes (marcar con "x", una opción por pregunta)											
8.1 Conocimiento Previo						8.2 Habitantes Según Ocupación					
Calificación		Buena	Regular	Mala	Área		Ninguno	Pocos	Muchos		
Prevención y Preparación		()	()	()	Salud:		()	()	()		
Primeros Auxilios		()	()	()	Ing. Civil:		()	()	()		
Simulacros de Desalojo		()	()	()	Seguridad:		()	()	()		
Conocimiento Estructural		()	()	()	Asistencia Social:		()	()	()		
9. Observaciones											

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES, COMPLEMENTO Y REFERENCIA PLANILLA FEMA-154.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

HIGH Seismicity

	Address: _____ _____ Zip _____ Other Identifiers _____ No. Stories _____ Year Built _____ Screener _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft.) _____ Building Name _____ Use _____ <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 20px;"> PHOTOGRAPH </div>
Scale: _____	

OCCUPANCY		SOIL				TYPE						FALLING HAZARDS				
Assembly	Govt	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Commercial	Historic					Hard	Avg.	Dense	Stiff	Soft	Poor	Unreinforced	Parapets	Cladding	Other:	
Emer. Services	Industrial	Office Residential School	Number of Persons			Rock	Rock	Soil	Soil	Soil	Soil	Chimneys				
			0 - 10	11 - 100												
			101-1000	1000+												
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S																
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8	
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0	
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A	
Vertical irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
Plan irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2	
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A	
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8	
FINAL SCORE, S																
COMMENTS															Detailed Evaluation Required	
															YES	NO

* = Estimated, subjective, or unreliable data
 DNK = Do Not Know
 BR = Braced frame
 FD = Flexible diaphragm
 LM = Light metal
 MRF = Moment-resisting frame
 RC = Reinforced concrete
 RD = Rigid diaphragm
 SW = Shear wall
 TU = Tilt up
 URM INF = Unreinforced masonry infill

ANEXO B

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE LOS EDIFICIOS

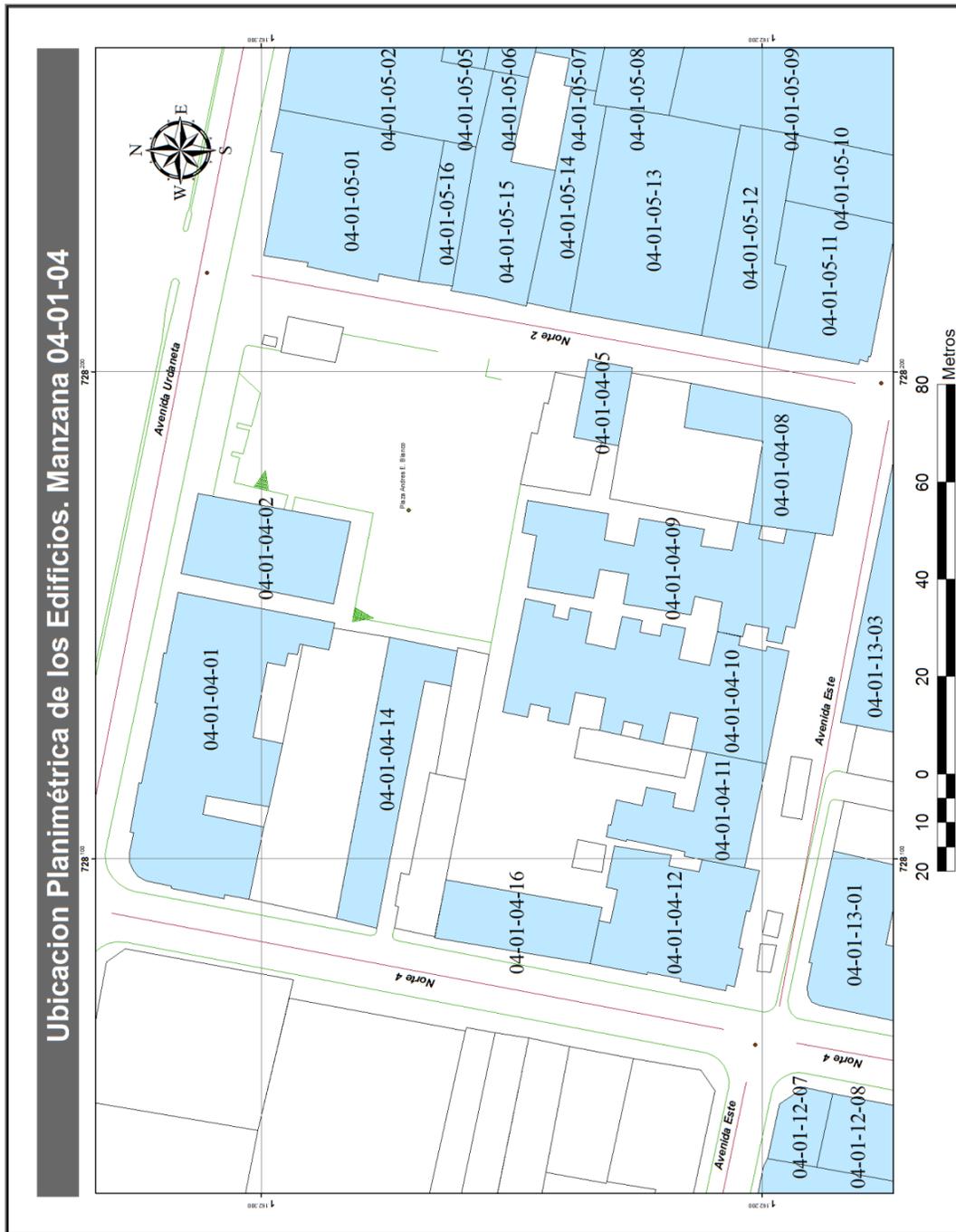


Figura: B.1. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-04.

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.



Figura: B.2. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-05.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.



Figura: B.3. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-06.

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.

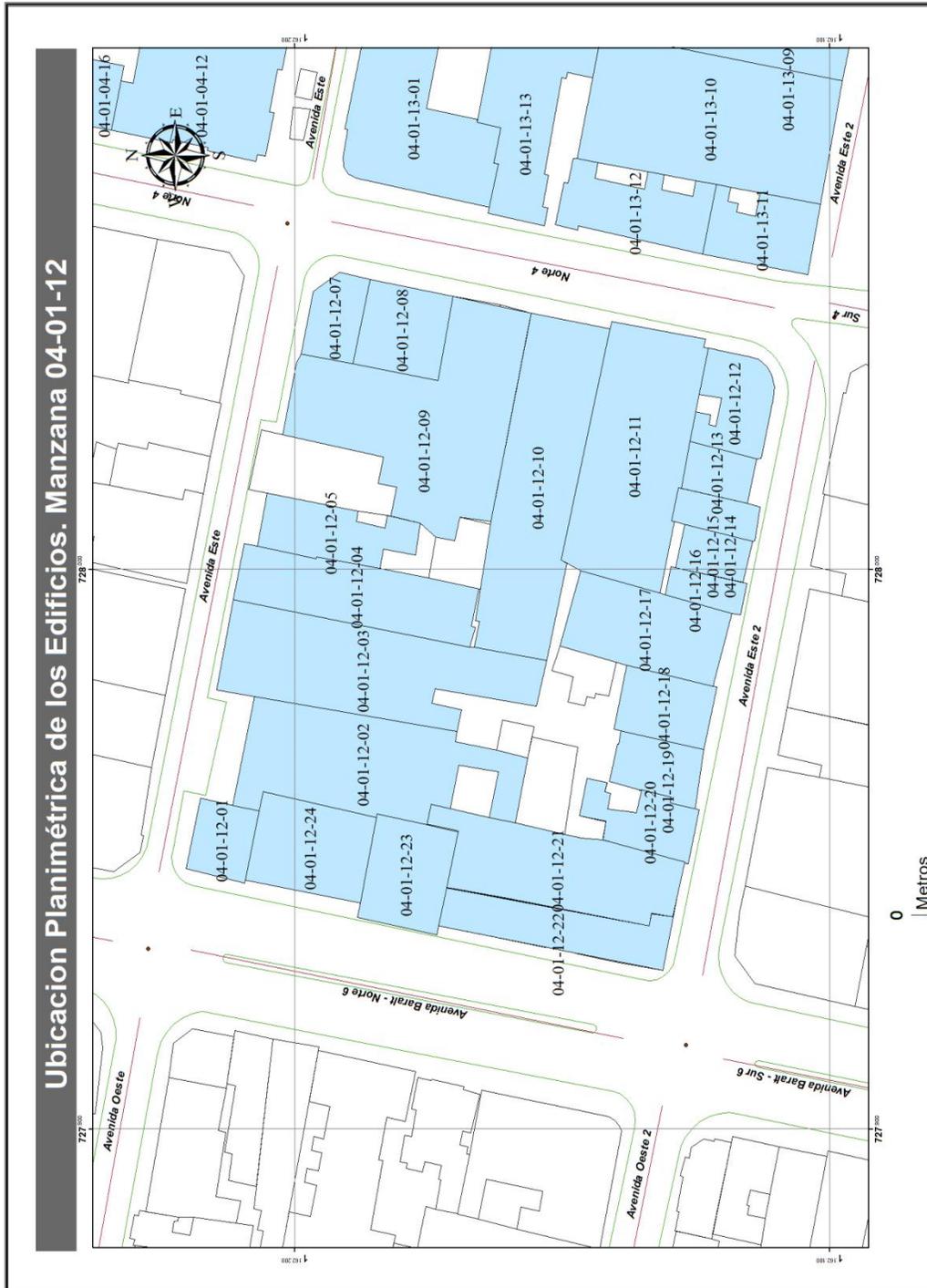


Figura: B.4. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-12.

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.

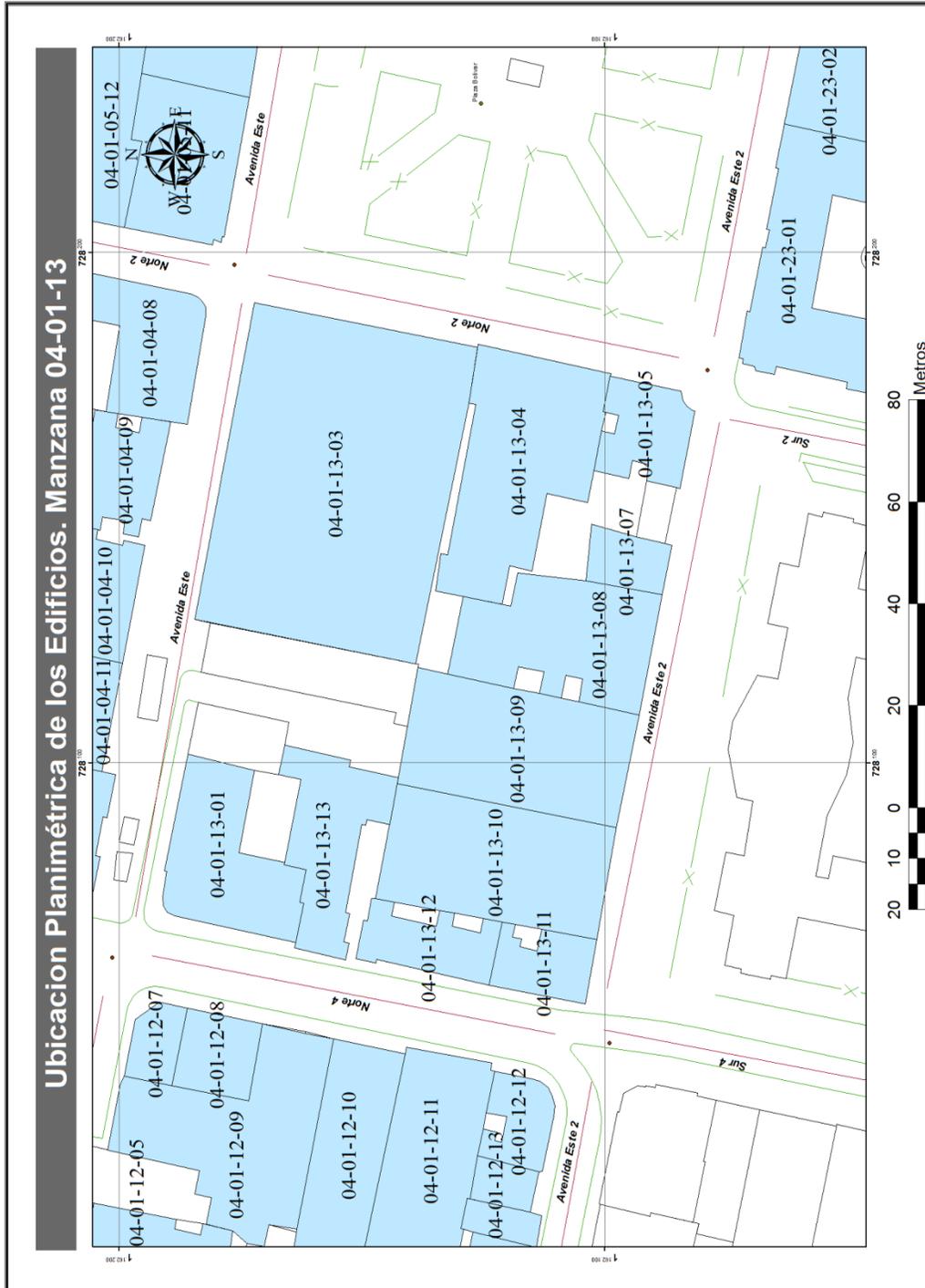


Figura: B.5. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-13.

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.

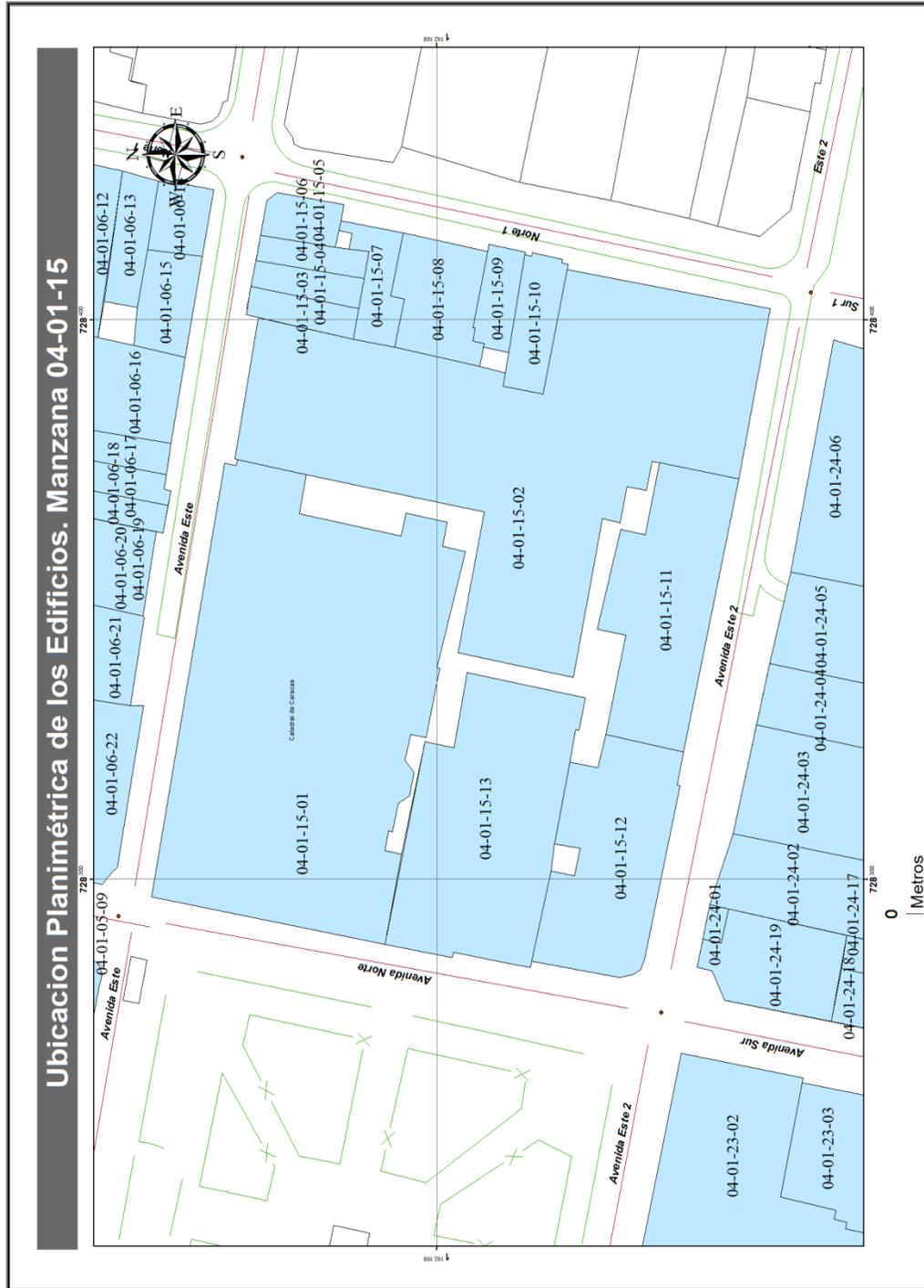


Figura: B.6. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-15.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.

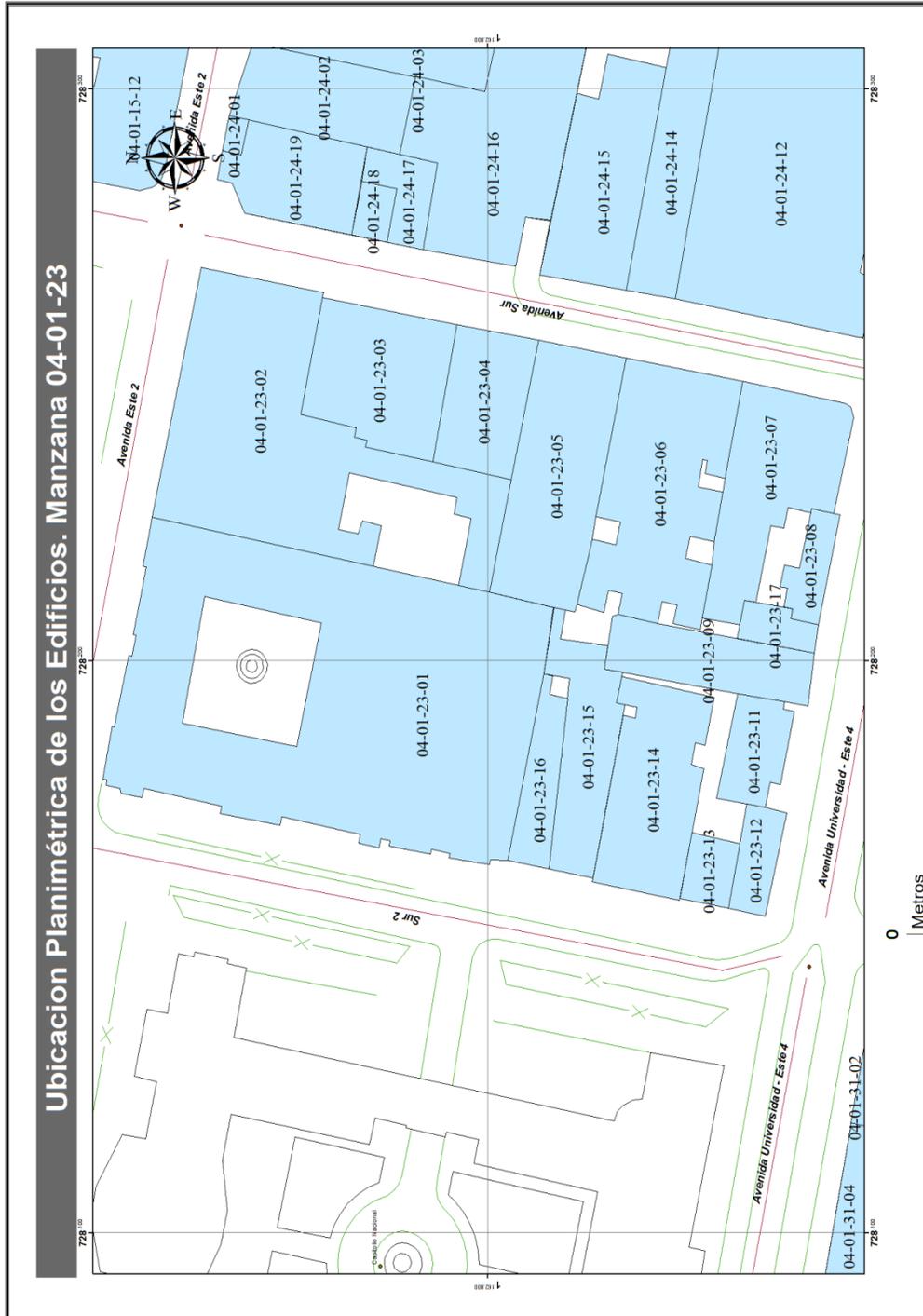


Figura: B.7. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-23.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.

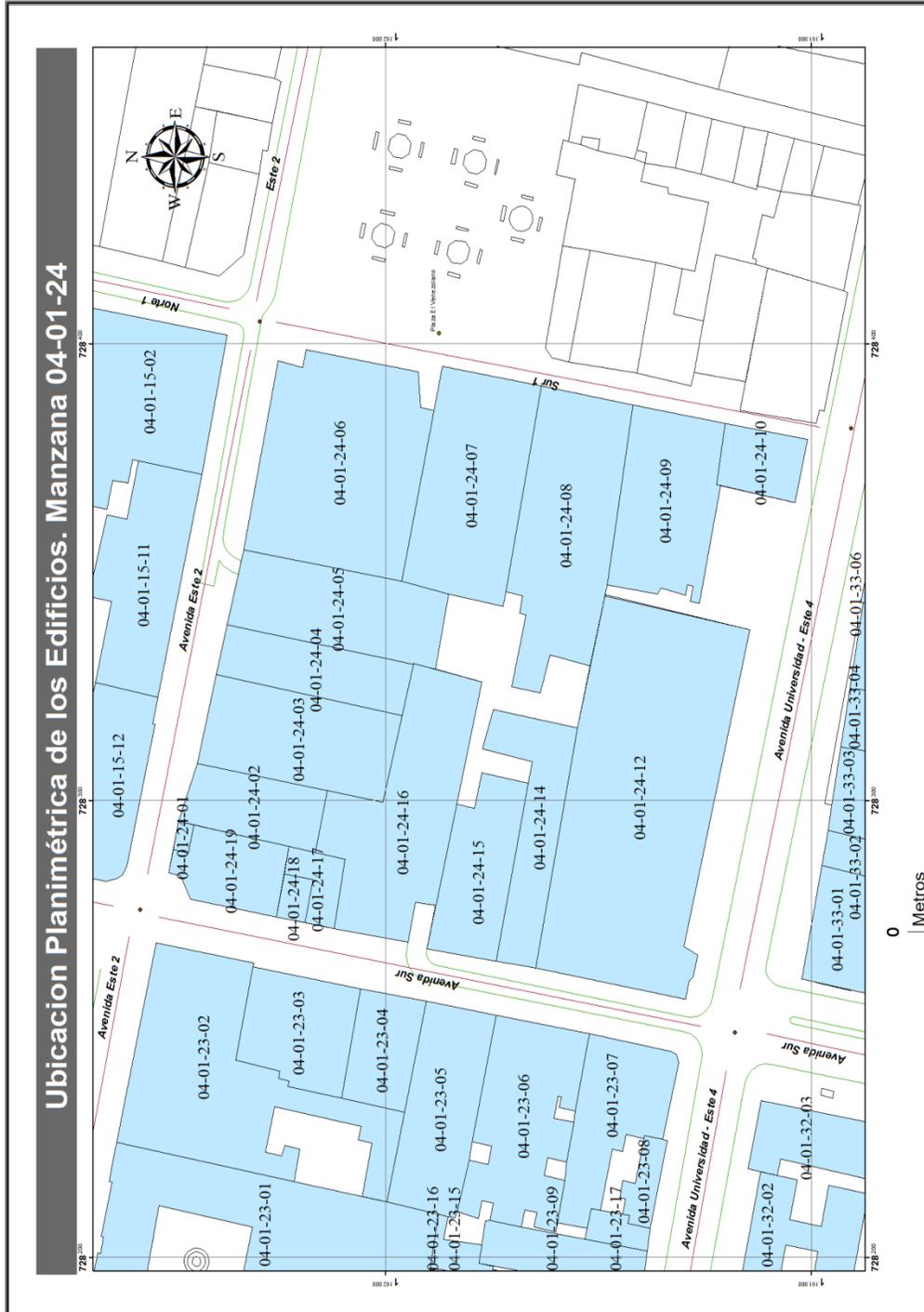


Figura: B.8. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-24.

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.



Figura: B.9. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-31.

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.

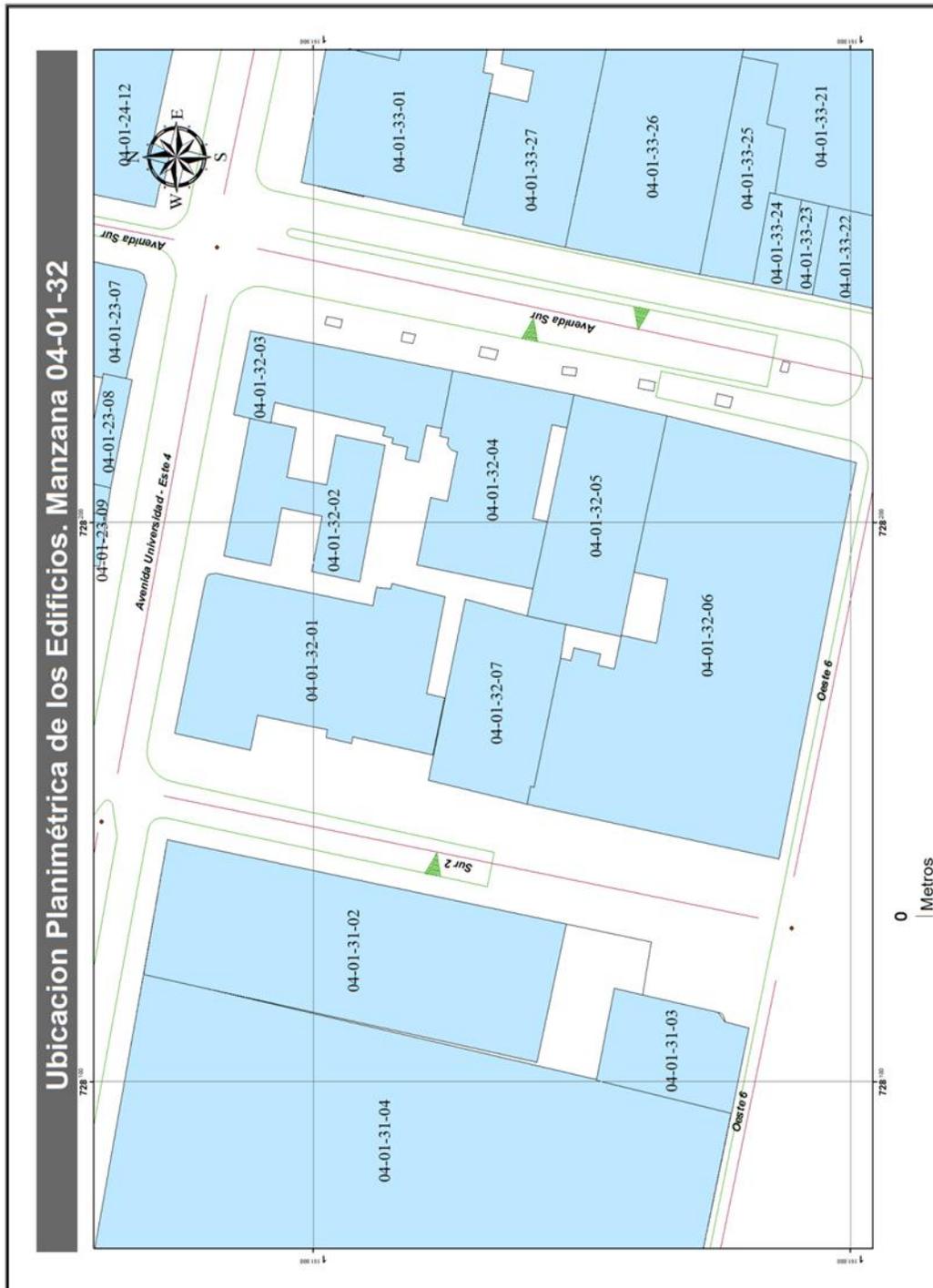


Figura: B.10. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-32.

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

UBICACIÓN PLANIMÉTRICA DE EDIFICACIONES.



Figura: B.11. Ubicación planimétrica de los edificios. Manzana 04-01-33.

ANEXO C

BASE DE DATOS

En el cuerpo de este trabajo solo se incluye una muestra de la Base de Datos levantada. La totalidad de esta se incluye en el CD anexo.

Código Catastral	Nombre/N° Edif	Estado	Ciudad	Parroquia	N° de pisos:	N° de semi-sótanos:	N° de sótanos:	Uso de la edificación	N° Ocupantes	Rango de ocupantes	Turno de mayor ocupación	Año de construcción	Período	Condición del terreno	Drenaje	Microzona	Macrozona	Tipo estructural	Esquema en planta	Esquema en elevación	Separación entre edificios	Ausencia de vigas altas (AVA)	Entrepiso débil ó blando (EDB)	Columnas cortas (CC)	Disc. Ejes de columnas (DEC)	Abertura significativa en losas (ASL)	Asimet. masa/rígideces planta (AM-RP)	Tipo de entripiso
04-01-06-23	Edif. #4	Dto. Capital	Caracas	Catedral	2	0	0	Residencial/Comercial	50	Entre 11 y 100	Todo el día	1920	Antes de 1959	Planicie	Con drenaje	3-4	Centro Norte	PCAP	Forma rec/cua	Forma rectangular	0	No	No	Si	No	No	No	Losas nerv. 1 direc.
04-01-06-22	Edif. La Torre	Dto. Capital	Caracas	Catedral	5	0	1	Residencial/Comercial	250	Entre 101 y 500		Entre 1948 y 1955	Entre 1948 y 1955	Planicie	Con drenaje	3-4	Centro Norte	PCAP	Forma rec/cua	Forma rectangular	0	No	No	No	No	Si	Losas maciza	
04-01-06-21	Edif. Gual y España	Dto. Capital	Caracas	Catedral	7	0	1	Oficina	150	Entre 101 y 500	Mañana/Tarde	1966	Entre 1956 y 1967	Planicie	Con drenaje	3-4	Centro Norte	PCAP	Forma rec/cua	Forma L	0	No	Si	No	No	Si	Losas maciza	
04-01-06-20	Edif. Juan XXIII	Dto. Capital	Caracas	Catedral	5	0	3	Comercial/Oficina	20	Entre 11 y 100	Mañana/Tarde	0	Entre 1948 y 1955	Planicie	Con drenaje	3-4	Centro Norte	PCAP	Forma rec/cua	Forma U	0	No	No	No	No	Si	Losas maciza	

Tabla C.1: Base de Datos de los Edificios de la Parroquia Catedral. (Muestra)

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

BASE DE DATOS

04-01-24-10	04-01-24-09	04-01-24-08	04-01-24-07	04-01-24-06	04-01-24-05	04-01-24-04	Código Catastral
Sede Arch. Libertador	S. Bolivariana de Vzla	Casa Natal del Libertad	Museo Bolivariano	Edif. FOGADE	Edif. San Jacinto	Bco. Pueblo Soberano	Nombre/N° Edif
Dto. Capital	Dto. Capital	Dto. Capital	Dto. Capital	Dto. Capital	Dto. Capital	Dto. Capital	Estado
Caracas	Caracas	Caracas	Caracas	Caracas	Caracas	Caracas	Ciudad
Catedral	Catedral	Catedral	Catedral	Catedral	Catedral	Catedral	Parroquia
2	1	1	3	15	5	4	N° de pisos:
0	0	0	0	0	0	0	N° de semi-sótanos:
0	0	0	0	3	1	1	N° de sótanos:
Oficina	Cultural	Cultural	Cultural	Oficina	Comercial/Oficina	Comercial	Uso de la edificación
10	10	10	20	750	200	50	N° Ocupantes
Menor igual a 10	Menor igual a 10	Menor igual a 10	Entre 11 y 100	Entre 501 y 1000	Entre 101 y 500	Entre 11 y 100	Rango de ocupantes
Mañana/Tarde	Mañana/Tarde	Mañana/Tarde	Mañana/Tarde	Mañana/Tarde	Mañana/Tarde	Mañana/Tarde	Turno de mayor ocupación
1971-1996	1931-1960	1700	1960	1960	0	0	Año de construcción
Entre 1983 y 1998	Entre 1956 y 1967	Antes de 1939	Entre 1956 y 1967	Entre 1956 y 1967	Entre 1940 y 1947	Entre 1968 y 1982	Periodo
Planicie	Planicie	Planicie	Planicie	Planicie	Planicie	Planicie	Condición del terreno
Con drenaje	Con drenaje	Con drenaje	Con drenaje	Con drenaje	Con drenaje	Con drenaje	Drenaje
3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	Microzona
Centro Norte	Centro Norte	Centro Norte	Centro Norte	Centro Norte	Centro Norte	Centro Norte	Macrozona
PCAP	PCAP	MMNC	MMNC	PCAP	PCAP	PCAP	Tipo estructural
Forma rec/cua	Forma rec/cua	Ninguno	Forma rec/cua	Forma rec/cua	Forma rec/cua	Forma rec/cua	Esquema en planta
Forma rectangular	Forma rectangular	Forma rectangular	Forma rectangular	Forma rectangular	Forma rectangular	Forma rectangular	Esquema en elevación
0	0	0	0	0	0	0	Separación entre edificios
No	No	Si	Si	No	No	No	Ausencia de vigas altas (AVA)
No	No	No	No	No	Si	No	Entrepiso débil ó blando (EDB)
Si	No	No	No	No	No	No	Columnas cortas (CC)
No	No	No	No	No	No	No	Disc. Ejes de columnas (DEC)
Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Abertura significativa en losas (ASL)
No	No	No	No	No	No	No	Asimet. masa/rigideces planta (AM-RP)
T. mad/tej/zinc	T. mad/tej/zinc	Losa maciza	Losa maciza	Losa nervada en 2 dire	Losa maciza	Losa maciza	Tipo de entrepiso

Continuación tabla C.1

ANEXO D

ÍNDICES DE VULNERABILIDAD, RIESGO SÍSMICO Y PRIORIZACIÓN

En el cuerpo de este trabajo solo se incluye una muestra de los Índices de Vulnerabilidad, Riesgo Sísmico y Priorización. La totalidad de estos se incluye en el CD anexo.

Código Catastral	Nombre/N° Edif	MÉTODO FUNVISIS (2011)					MÉTODO ITALIANO				MÉTODO FEMA (2002)			
		Índice de vulnerabilidad	Índice de Priorización	Índices de Riesgo (S. 1967)	Índices de Riesgo (S. Diseño)	Índices de Riesgo (S. Extraord.)	Índices de vulnerabilidad	Índices de Riesgo (S. 1967)	Índices de Riesgo (S. Diseño)	Índices de Riesgo (S. Extraord.)	Índice de vulnerabilidad	Índices de Riesgo (S. 1967)	Índices de Riesgo (S. Diseño)	Índices de Riesgo (S. Extraord.)
04-01-06-10	Edif. Gamma	0,37	0,19	0,08	0,23	0,30	0,50	0,12	0,32	0,42	0,81	0,19	0,52	0,67
04-01-06-11	Edif. Beta	0,55	0,30	0,13	0,35	0,46	0,63	0,14	0,40	0,52	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-06-12	Edif. Alfa	0,55	0,30	0,13	0,35	0,46	0,63	0,14	0,40	0,52	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-06-13	Edif. Naco	0,43	0,23	0,10	0,28	0,36	0,41	0,09	0,26	0,34	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-06-14	Edif. Miami	0,41	0,21	0,09	0,26	0,34	0,38	0,09	0,24	0,31	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-06-15	Edif. Madices Palace	0,40	0,21	0,09	0,25	0,33	0,44	0,10	0,28	0,36	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-06-16	Edif. Averlo	0,48	0,25	0,11	0,31	0,40	0,63	0,14	0,40	0,52	0,75	0,17	0,48	0,62
04-01-06-17	Casa # 15	0,55	0,29	0,13	0,35	0,46	0,48	0,11	0,31	0,40	0,77	0,18	0,49	0,64
04-01-06-18	Casa # 13-B	0,37	0,19	0,09	0,24	0,31	0,38	0,09	0,24	0,31	0,80	0,18	0,51	0,66
04-01-06-19	Casa # 13-A	0,37	0,20	0,09	0,24	0,31	0,38	0,09	0,24	0,31	0,80	0,18	0,51	0,66
04-01-06-20	Edif. Juan XXIII	0,38	0,20	0,09	0,24	0,32	0,41	0,09	0,26	0,34	0,81	0,19	0,52	0,67
04-01-06-21	Edif. Gual y España	0,50	0,27	0,12	0,32	0,42	0,41	0,09	0,26	0,34	0,81	0,19	0,52	0,67
04-01-06-22	Edif. La Torre	0,39	0,21	0,09	0,25	0,32	0,38	0,09	0,24	0,31	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-06-23	Edif. #4	0,46	0,24	0,11	0,30	0,38	0,47	0,11	0,30	0,39	0,75	0,17	0,48	0,62
04-01-24-01	Casa del Vínculo	0,66	0,34	0,15	0,42	0,54	0,66	0,15	0,42	0,55	0,77	0,18	0,49	0,64
04-01-24-02	Local Celares Shoes	0,32	0,17	0,07	0,21	0,27	0,28	0,06	0,18	0,23	0,75	0,17	0,48	0,62
04-01-24-03	Edif. Victor Mendoza	0,50	0,27	0,11	0,32	0,41	0,66	0,15	0,42	0,54	0,67	0,15	0,43	0,56
04-01-24-04	Bco. Pueblo Soberano	0,29	0,15	0,07	0,19	0,24	0,31	0,07	0,20	0,26	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-24-05	Edif. San Jacinto	0,41	0,22	0,09	0,26	0,34	0,34	0,08	0,22	0,29	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-24-06	Edif. FOGADE	0,43	0,24	0,10	0,27	0,35	0,41	0,09	0,26	0,34	0,67	0,15	0,43	0,56
04-01-24-07	Museo Bolivariano	0,60	0,31	0,14	0,38	0,50	0,60	0,14	0,38	0,50	0,72	0,17	0,46	0,60
04-01-24-08	Casa Natal del Libertador	0,58	0,30	0,13	0,37	0,48	0,58	0,13	0,37	0,49	0,77	0,18	0,49	0,64
04-01-24-09	S. Bolivariana de Vzla.	0,45	0,23	0,10	0,29	0,37	0,50	0,12	0,32	0,42	0,75	0,17	0,48	0,62
04-01-24-10	Sede Arch. Libertador	0,32	0,16	0,07	0,20	0,26	0,44	0,10	0,28	0,36	0,72	0,17	0,46	0,60
04-01-24-12	Banco de Venezuela	0,19	0,11	0,04	0,12	0,15	0,19	0,04	0,12	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
04-01-24-14	Edif. Selemar	0,34	0,18	0,08	0,21	0,28	0,31	0,07	0,20	0,26	0,80	0,18	0,51	0,66
04-01-24-15	Edif. Bompland	0,35	0,19	0,08	0,23	0,29	0,44	0,10	0,28	0,36	0,73	0,17	0,47	0,61
04-01-24-16	Edif. Humboldt	0,26	0,14	0,06	0,17	0,22	0,38	0,09	0,24	0,31	0,66	0,15	0,42	0,54
04-01-24-17	Edificio 11	0,36	0,19	0,08	0,23	0,30	0,44	0,10	0,28	0,36	0,69	0,16	0,44	0,57
04-01-24-18	Edif. Orsa	0,30	0,15	0,07	0,19	0,25	0,31	0,07	0,20	0,26	0,73	0,17	0,47	0,61
04-01-24-19	Edif. José Mendoza	0,38	0,20	0,09	0,24	0,31	0,41	0,09	0,26	0,34	0,69	0,16	0,44	0,57

Tabla D.1: Índices de Vulnerabilidad, Riesgo y Priorización (Muestra).

ANEXO E

SERVICIOS PRESENTES EN LAS EDIFICACIONES

En el presente anexo se muestran los datos estadísticos correspondientes a los servicios básicos con los que cuentan los ciento sesenta y seis (166) edificios evaluados en la Parroquia Catedral.

Tabla E.1 distribución numérica de las edificaciones en base a los servicios que presentan.

Servicio	Cantidad de edificios	
	Si presenta	No presenta
Línea telefónica	155	11
Sistema de cloacas	162	4
Medidor	166	0

Fuente: Elaboración propia.

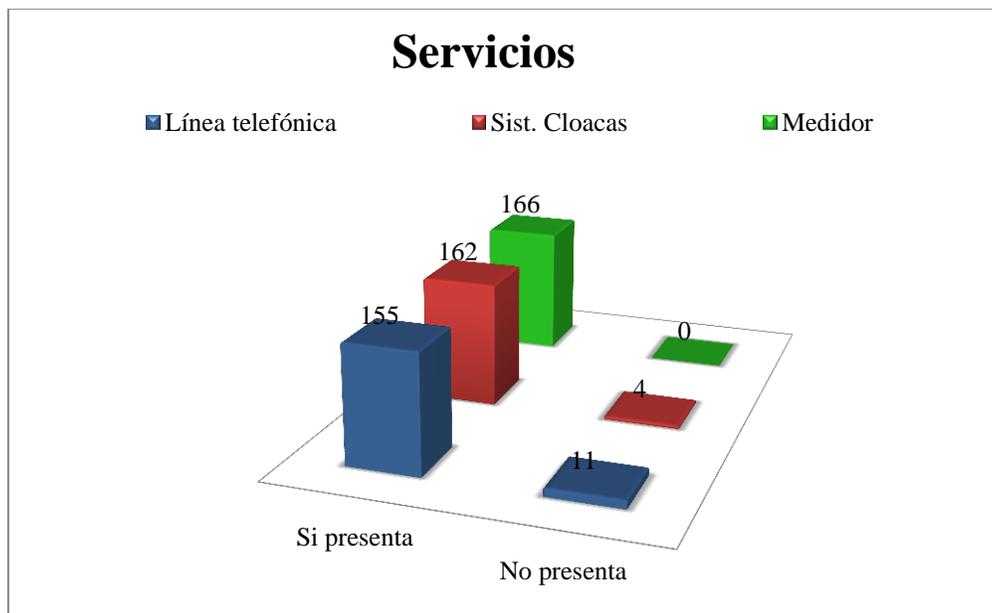


Figura E.1 distribución numérica de las edificaciones en base a los servicios que presentan. Fuente: Elaboración propia.

SERVICIOS PRESENTES EN LAS EDIFICACIONES.

Tabla E.2 Distribución numérica de las edificaciones según el suministro de agua potable.

Suministro de agua potable	Cantidad de edificios
Acueducto	162
No presenta	4

Fuente: Elaboración propia.

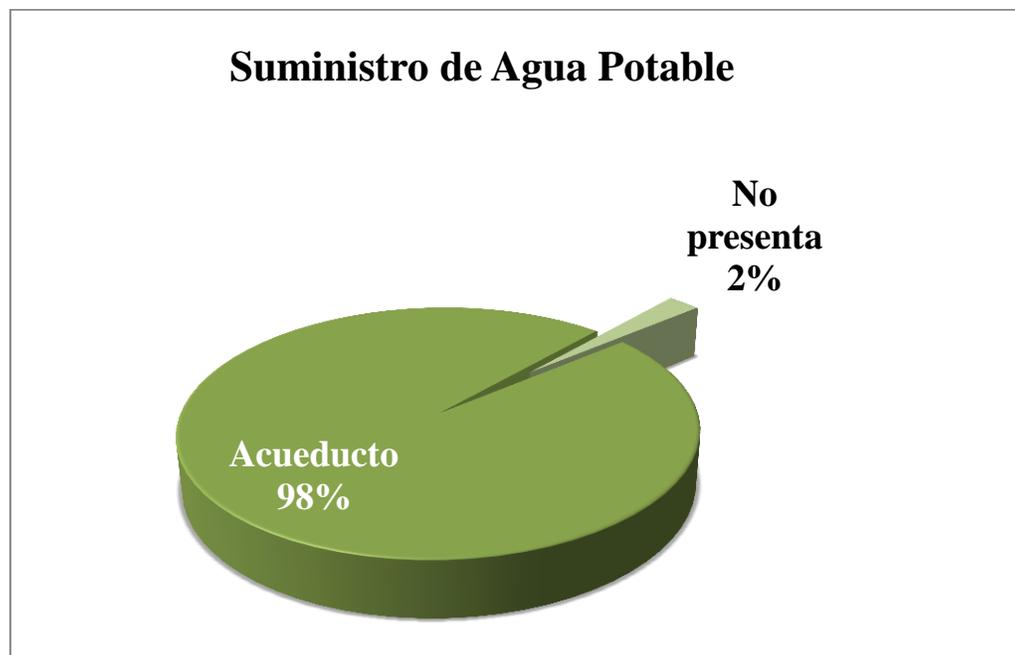


Figura E.2 Distribución porcentual de las edificaciones según el suministro de agua potable. Fuente: Elaboración propia.

Tabla E.3 Distribución numérica de las edificaciones según el suministro de gas.

Suministro de gas	Cantidad de edificios
Gasoducto	18
Por bombona	50
No presenta	98

Fuente: Elaboración propia.

SERVICIOS PRESENTES EN LAS EDIFICACIONES.

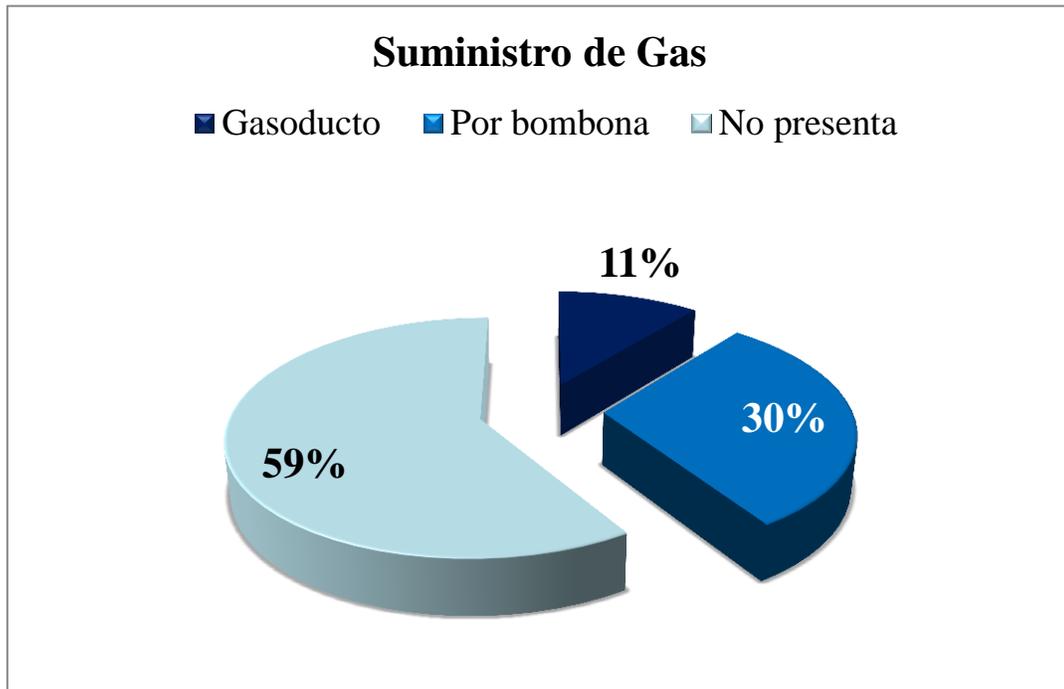


Figura E.3 Distribución porcentual de las edificaciones según el suministro de gas.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO F

MEMORIA FOTOGRÁFICA

En el cuerpo de este trabajo solo se incluye una muestra de la Memoria Fotográfica. La totalidad de esta se incluye en el CD anexo.

Nota: algunas edificaciones no presentan fotografías por no contar con la autorización de los responsables de la edificación y en otros casos por el resguardo del equipo fotográfico.

Memoria fotográfica	Trabajo Especial de Grado	Titulo: NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS			
Nº Catastro 04-01-24-03	Nombre Edif. Edif. Victor Mendoza				
					
Fachada		Adosamiento A		Adosamiento B	
		Elementos Estructurales y no Estructurales			Ubicación
Panorámica					
Elaborados por: Jonathan Rojas Nayriuska Quintero					
Observaciones:					

Figura F.1: Ficha fotográfica Edif. Víctor Mendoza. (Muestra).

NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS

MEMORIA FOTOGRÁFICA.

Memoria fotográfica Trabajo Especial de Grado		Titulo: NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS	
N° Catastro 04-01-24-12 Nombre Edif. Edif. Bco. de Venezuela			
			
Fachada		Adosamiento A Adosamiento B	
			
Panorámica		Elementos Estructurales y no Estructurales	
Elaborados por: Jonathan Rojas Nayriuska Quintero			
Observaciones:		Estado de la edificación	
		Ubicación	

Figura F.2: Ficha fotográfica Edif. Banco de Venezuela. (Muestra).

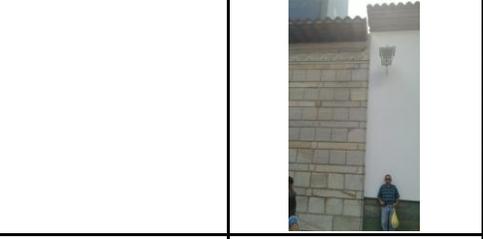
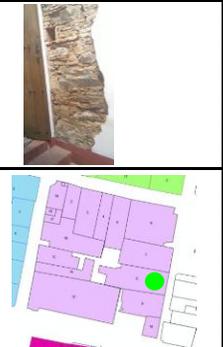
Memoria fotográfica Trabajo Especial de Grado		Titulo: NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS	
N° Catastro 04-01-24-08 Nombre Edif. Casa Natal de Simón Bolívar			
			
Fachada		Adosamiento A Adosamiento B	
			
Panorámica		Elementos Estructurales y no Estructurales	
Elaborados por: Jonathan Rojas Nayriuska Quintero			
Observaciones:		Estado de la edificación	
		Ubicación	

Figura F.3: Ficha fotográfica de la Casa Natal del Libertador. (Muestra).