

PROCEDIMIENTO PARA LA ZONIFICACIÓN DE SENSIBILIDAD SÍSMICA.
CASO DE ESTUDIO: ÁREA DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DEL ESTADO
MÉRIDA.

Por

Ing. Yean Carla Trimarchi Morillo

www.bdigital.ula.ve

Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiae en Gestión de
Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente (con énfasis en Estudio de
Impacto ambiental).

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA, VENEZUELA

2018

DEDICATORIA

A mi DIOS por su grandeza infinita, al brindarme la constancia y la fortaleza para lograr otra meta más en Mi Vida.

A mi MADRE por el apoyo, el cariño, la paciencia, sus oraciones y el amor que siempre me ha brindado. A mi padre que está en el cielo por darme la vida, y mi papá Carlos por el apoyo; LOS AMO GRANDEMENTE... Dios los bendiga por siempre. A mis HERMANITAS, María Alejandra, Mariana, Carla Alejandra ustedes por su solidaridad y apoyo que les sirva de estímulo y sigan luchando por lograr muchas otras metas en sus vidas.

A mis sobrinos, Daniel, David y Avril Lucia, para que vean en mí un ejemplo a seguir.

A mis buenos compañeros y amigos de clases, con los que compartí momentos difíciles y alegres del postgrado: Aurelia, Richard, Yuber, Marnelly, Andresito y Alvaro.

A mi tía Gaudí, Tío Elisaul y mi papá Giovanni, porque a pesar de que físicamente no están presentes, sé que desde el cielo están compartiendo conmigo este logro, siempre los tendré en mi corazón; a mis tíos y tías que siempre estuvieron presentes en cada día de mi vida, los AMO.

A mis primos que a pesar que están lejos, en la distancia me apoyaron en todo momento, los extraño, gracias por estar a mi lado a lo largo de nuestra vida los ADORO.

A ti mi gran amigo Emilio Sánchez, gracias por tolerar el tiempo que estuve ausente, sé que entendiste que los esfuerzos son importantes para el cumplimiento de esta Meta. Tu paciencia y apoyo me enseñaron que las cosas valen la pena.

A todas esas Personas especiales que he conocido a lo largo de mi vida y tienen un lugar en mi corazón por que se han ganado mi confianza y mi amistad a pesar del tiempo y la distancia, el cariño es el mismo.

AGRADECIMIENTO

A mi tutora Kretheis Márquez, por su valiosa dedicación en la asesoría del presente trabajo de investigación. Asimismo, agradezco a la profesora Yhimaina Trejo por la aceptación como Cotutor y jurado de este trabajo de grado.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, de la Universidad de Los Andes (CIDIAT – ULA) y Facultad de Ciencias, las cuales a través de su personal profesoral y administrativo me dieron la oportunidad de ampliar mis conocimientos profesionales en la gestión ambiental.

A todas esas personas que de una u otra manera me brindaron incondicionalmente toda su colaboración en el desarrollo de esta investigación.

www.bdigital.ula.ve

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvii
CAPITULO I INTRODUCCION	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos de la Investigación.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	7
1.5. Alcances.....	7
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1. Experiencias Internacionales.....	9
2.1.2. Experiencias Nacionales.....	10
2.1.3. Experiencias Locales.....	11
2.2. Marco Legal.....	14
2.2.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999).....	14
2.2.2. Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOOT) (1983) y la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (LOOU) (1987).....	15
2.2.3. Ley Orgánica del Poder Público Municipal (2005).....	15
2.2.4. La Ley Orgánica del Ambiente (2006).....	15

	Pag.
2.2.5. La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (L.G.I.R.S.T.) (2009).....	16
2.2.6. Zona Protectora de la Cuenca del Río Albarregas (1973).....	16
2.2.7. Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la Cuenca del río Albarregas (1999).....	18
2.2.8. Plan Rector del Área Metropolitana de Mérida – Ejido (1981).....	18
2.2.9. Plan de Ordenación del Territorio del estado Mérida (1992).....	19
2.2.10. Plan de Ordenamiento Urbano del Área Metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay (1999).....	19
2.3. Bases Conceptuales.....	20
2.3.1. Riesgo y Amenaza Sísmica.....	20
2.3.2. Vulnerabilidad Sísmica.....	24
2.3.3. Riesgo Sísmico.....	26
2.3.4. La Gestión de Riesgo.....	28
2.3.5. Microzonificación Sísmica.....	31
2.3.6. Sensibilidad Ambiental.....	32
2.3.7. Sensibilidad Sísmica.....	34
2.3.8. Índice Normalizado de Agravación de los Impactos del Sismo.....	35
2.3.9. Cercanías al talud.....	35
2.3.10. Movimientos de Masa.....	36
2.3.11. Líneas Vitales.....	38
CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO.....	41
3.1. Fase I: Planteamiento del Problema.....	43
3.2. Fase II: Definición y diagnóstico del área de estudio.....	43
3.2.1 Definición del Área de estudio.....	43
3.2.2. Diagnóstico del área de estudio.....	43

	Pag.
3.3. Fase III: Análisis Cartográfico para la Identificación de Zonas de Sensibilidad Sísmica.....	47
3.3.1. Selección y reclasificación de los factores.....	47
3.3.3. Obtención de pesos por cada factor.....	55
3.3.4. Análisis Multicriterio y obtención del Mapa de Sensibilidad Sísmica.....	58
3.4. Fase IV: Formulación de Lineamientos para la Gestión de Riesgo en Zonas de Sensibilidad Sísmica en el municipio Libertador del Estado de Mérida.....	58
3.4.1. Identificación del problema principal.....	60
3.4.2. Identificación de las causas y efectos del problema.....	60
3.4.3. Identificación de medios y fines para dar solución a la problemática encontrada.....	61
3.4.4. Propuesta de las líneas de acción estratégica, actividades y matriz de marco lógico.....	61
3.5. Fase V: Conclusiones y Recomendaciones.....	63
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	65
4.1. Definición y diagnóstico del área de estudio.....	65
4.1.1. Geología y Litología.....	65
4.1.2. Factores geodinámicos que condicionan la sensibilidad sísmica.....	70
4.1.2.1. Microzonificación sísmica y fallas geológicas.....	70
4.1.2.2. Susceptibilidad a los movimientos de masa.....	71
4.1.3. Factores de exposición que condicionan la sensibilidad sísmica.....	77
4.1.3.1. Densidad de Población.....	77
4.1.3.2. Ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza.....	80
4.1.3.3. Índice de Destrucción de Viviendas.....	82
4.1.3.4. Líneas Vitales.....	88
4.1.4. Factores de Fragilidad Socioeconómica que condicionan la sensibilidad sísmica.....	96
4.1.5. Factores Institucionales que condicionan la sensibilidad sísmica.....	99
4.2. Zonas de Sensibilidad Sísmica.....	101

	Pag.
4.2.1. <i>Sensibilidad de los factores geodinámicos</i>	101
4.2.2. <i>Sensibilidad de los factores de exposición</i>	106
4.2.3. <i>Sensibilidad de los factores de fragilidad socioeconómica</i>	122
4.2.4. <i>Sensibilidad de los factores institucionales</i>	125
4.2.5. <i>Pesos de los Factores de Sensibilidad Sísmica</i>	127
4.2.6. <i>Mapa de Zonas de Sensibilidad Sísmica</i>	130
CAPITULO V LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE LA SENSIBILIDAD SÍSMICA	135
5.1. Definición del Problema Central.....	135
5.2. Definición de las Causas y Efectos del Problema (Árbol de Problemas).....	136
5.3. Definición de Medios y Fines (Árbol de Objetivos).....	136
5.4. Lineamientos para la gestión de la Sensibilidad Sísmica.....	140
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
6.1. Conclusiones.....	145
6.2. Recomendaciones.....	149
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
APENDICES	159
APÉNDICE A. Encuesta aplicada a expertos para la determinación del peso de los factores para el análisis de sensibilidad sísmica.....	160
APÉNDICE B. Cálculo del peso de los factores.....	166
APENDICE C. Clasificación de las zonas domiciliarias.....	169

INDICE DE TABLAS

	Pág.
2.1. Elementos claves de la gestión del Riesgo.....	30
2.2. Clasificación de movimientos de masa.....	37
3.1. Análisis de Sensibilidad Sísmica.....	48
3.2. Tabla de Juicios de Reclasificación de los Factores de Sensibilidad Sísmica.....	50
3.3. Matriz de reclasificación de los criterios de sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación.....	52
3.4. Reclasificación de la Sensibilidad por Capacidad de anticipación respuesta y recuperación.....	55
3.5. Matriz de comparación por pares, para ponderación de criterios de sensibilidad sísmica.....	56
3.6. Líneas de acción estratégicas para abordaje de sensibilidad sísmica.....	63
4.1. Fallas geológicas presentes en el Área Metropolitana de Mérida.....	69
4.2. Velocidad de onda – espesor por zonas sísmicas.....	71
4.3. Forma Espectral y Espesor del suelo para cada afloramiento ubicado en la terraza de Mérida.....	73
4.4. Distribución de las zonas sísmicas del área de estudio.....	74
4.5. Niveles de susceptibilidad a movimientos de masa en el área de estudio.....	74
4.6. Proyecciones de población para las parroquias del municipio Libertador del estado Mérida.....	78
4.7. Densidad de población, en conformidad al Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay.....	79
4.8. Densidades brutas máximas de población en el área de estudio.....	80
4.9. Rangos de pendientes en el área de estudio.....	82
4.10. Índice de destrucción de viviendas (por Rebotier, 2006) en el área de estudio.....	84
4.11. Porcentaje de área destruida en el municipio Libertador, para intensidad sísmica de VIII y IX.....	86

	Pag.
4.12. Total de roturas estimadas en las tuberías de la ciudad de Mérida, según la intensidad del sismo y la zona donde se presenten.....	90
4.13. Índice promedio de daños (%) en las tuberías de las distintas zonas de la ciudad de Mérida.....	91
4.14. Estaciones de Servicio en el área de estudio.....	95
4.15. Clasificación de la Categorización económica por zonas Urbanas, conforme a la Ordenanza de Adecuación del Servicio de Aseo Urbano y Domiciliario del municipio Libertador.....	96
4.16. Superficies ocupadas por zonas domiciliarias.....	97
4.17. Descriptores de riesgo físico sísmico Fallecidos y Heridos por parroquias de la ciudad de Mérida para las intensidades sísmicas de VIII y IX.....	99
4.18. Superficies de la sensibilidad por zonas sísmicas en el área de estudio.....	101
4.19. Superficies de la sensibilidad por movimientos de masa en el área de estudio.....	104
4.20. Superficies de la sensibilidad por densidad de población en el área de estudio.....	106
4.21. Superficies de la sensibilidad por ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza en el área de estudio.....	109
4.22. Superficies de la sensibilidad por destrucción de viviendas en el área de estudio.....	111
4.23. Superficies de la sensibilidad por líneas vitales en el área de estudio.....	113
4.24. Superficies de la sensibilidad por sistemas de acueductos en el área de estudio.....	115
4.25. Superficies de la sensibilidad por sistema vial en el área de estudio.....	117
4.26. Distancia de afectación y repercusión térmica de las estaciones de servicio del área en estudio.....	119
4.27. Superficies de la sensibilidad por sistemas de almacenamiento y distribución de líquido-combustible en el área de estudio.....	120

	Pag.
4.28. Superficies de la sensibilidad por subestaciones y líneas de alta tensión en el área de estudio.....	122
4.29. Superficies de la sensibilidad por fragilidad socioeconómica en el área de estudio.....	123
4.30. Índice de Capacidad de Atención, Respuesta y Recuperación en el área de estudio.....	128
4.31. Pesos obtenidos para cada factor de sensibilidad sísmica.....	130
4.32. Superficies de la sensibilidad sísmica en el área de estudio.....	132
5.1. Lineamientos de acción estratégica propuestos para la gestión de las zonas por sensibilidad sísmica.....	140
5.2. Lineamientos de acción estratégica para la sensibilidad sísmica del municipio Libertador del estado Mérida.....	142
B.1. Selección de la importancia de los factores por cada juez o experto consultado.....	167
B.2. Valor ponderal de cada factor considerado.....	168

www.bdigital.ula.ve

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
2.1. Viviendas en el municipio Libertador, altamente vulnerables ante la amenaza sísmica.....	21
2.2. Mapa de zonificación sísmica de Venezuela, una manera de evaluar la amenaza.....	22
3.1. Esquema metodológico del trabajo de investigación.....	42
3.2. Área de Estudio	44
3.3. Proceso metodológico para la obtención del mapa de Sensibilidad por Líneas Vitales.....	49
3.4. Procedimiento metodológico para la determinación del mapa de Sensibilidad Sísmica del municipio Libertador del estado de Mérida.....	59
3.5. Estructura del árbol de problemas.....	61
3.6. Estructura del árbol de Objetivos.....	62
4.1. Mapa Geológico área Metropolitana de Mérida.....	67
4.2. Vista panorámica de la ciudad de Mérida, señalando la traza de las fallas con líneas rojas.....	70
4.3. Zonificación sísmica y fallas en el área de estudio.....	72
4.4. Susceptibilidad a movimientos de masa en el área de estudio.....	75
4.5. Distribución de los niveles de susceptibilidad a movimientos de masa en el área de estudio.....	76
4.6. Proyecciones de población para el municipio Libertador del estado Mérida.....	77
4.7. Distribución de densidades brutas máximas de población en el área de estudio, en conformidad al Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay.....	80
4.8. Densidades brutas máximas de población, en conformidad al Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay.....	81
4.9. Distribución de rangos de pendientes en el área de estudio.....	82
4.10. Posición del talud en el área de estudio.....	83
4.11. Índice de destrucción de viviendas en el área de estudio.....	85

	Pag.
4.12. Distribución del índice de destrucción de viviendas en el área de estudio.....	86
4.13. Distribución de área destruida en el municipio Libertador del estado Mérida, para intensidad sísmica de IX.....	87
4.14. Zonas de presión y estanques de almacenamiento de agua potable en el área de estudio.....	89
4.15. Sistema vial en el área de estudio.....	92
4.16. Ubicación de las estaciones de servicio en el área de estudio.....	94
4.17. Distribución de las zonas domiciliarias en el área de estudio.....	97
4.18. Ubicación de las estaciones de servicio en el área de estudio.....	98
4.19. Distribución de la sensibilidad por zonas sísmicas en el área de estudio.....	102
4.20. Sensibilidad por zonas sísmicas en el área de estudio.....	103
4.21. Distribución de la sensibilidad por movimientos de masa en el área de estudio.....	104
4.22. Sensibilidad por movimientos de masa en el área de estudio.....	105
4.23. Distribución de la sensibilidad por densidad de población en el área de estudio.....	106
4.24. Sensibilidad por densidad de población en el área de estudio.....	107
4.25. Distribución de la sensibilidad por ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza en el área de estudio.....	109
4.26. Sensibilidad por ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza en el área de estudio.....	110
4.27. Distribución de la sensibilidad por destrucción de viviendas en el área de estudio.....	111
4.28. Sensibilidad por destrucción de viviendas en el área de estudio.....	112
4.29. Distribución de la sensibilidad por líneas vitales en el área de estudio.....	113
4.30. Sensibilidad por líneas vitales en el área de estudio.....	114
4.31. Distribución de la sensibilidad por sistemas de acueductos en el área de estudio.....	115
4.32. Sensibilidad por sistemas de acueductos en el área de estudio.....	116
4.33. Distribución de la sensibilidad por sistema vial.....	117
4.34. Sensibilidad por sistema vial en el área de estudio.....	118

	Pag.
4.35. Distribución de la sensibilidad por sistemas de almacenamiento y distribución de líquido-combustible en el área de estudio.....	120
4.36. Sensibilidad por sistemas de almacenamiento y distribución de líquido-combustible en el área de estudio.....	121
4.37. Distribución de la sensibilidad por subestaciones y líneas de alta tensión en el área de estudio.....	123
4.38. Sensibilidad por subestaciones y líneas de alta tensión en el área de estudio.....	124
4.39. Distribución de la sensibilidad por fragilidad socioeconómica en el área de estudio.....	125
4.40. Sensibilidad por fragilidad socioeconómica en el área de estudio.....	126
4.41. Sensibilidad por capacidad institucional en el área de estudio.....	129
4.42. Importancia del conjunto de factores de sensibilidad sísmica.....	131
4.43. Importancia de los factores de sensibilidad sísmica.....	131
4.44. Distribución de la sensibilidad sísmica en el área de estudio.....	132
4.45. Sensibilidad Sísmica.....	134
5.1. Árbol del Problema en la Sensibilidad Sísmica.....	138
5.2. Árbol de Objetivo en la Sensibilidad Sísmica.....	139

RESUMEN

La Ciudad de Mérida se encuentra en riesgo inminente debido a que se localiza cerca de la traza principal de la Falla de Boconó, rasgo estructural más importante de la región de Los Andes Venezolanos y sísmicamente activa, a la cual se le acreditan los mayores eventos sísmicos sucedidos en la zona, en los últimos 500 años. Por esta razón, se estudió el área del municipio Libertador del estado Mérida, obteniéndose una visión general de la sensibilidad sísmica que posee la superficie urbana de la ciudad, con el fin de establecer lineamientos que sirvan como base para futuros estudios de diversas disciplinas que así lo ameriten, así como, para orientar la acción de los órganos regionales y municipal en el debido cuidado de criterios a la hora de establecer un desarrollo urbanístico, enmarcado este en la previsión de reducir el riesgo ante eventos sísmicos, previniendo así pérdidas humanas lamentables.

A partir de esos, se buscó proporcionar un marco general para rediseñar los planes de ordenamiento urbanístico de la ciudad e incorporar en ellos el tratamiento del riesgo sísmico el cual actúa como una seria limitante del desarrollo físico de la ciudad. Asimismo, orientar acciones en el Plan de Acción Específico tendiente a superar la condición de desastre en la ciudad. Primero se analizaron las principales características de la amenaza sísmica en la ciudad, lo cual se encuentra expuesta a dicha amenaza, dando como resultado zonas de sensibilidad siendo vulnerables las estructuras públicas y privadas dispuestas, alterando su entorno social y ambiental.

El enfoque metodológico empleado para identificar la sensibilidad sísmica, permite describir las actividades de carácter técnico, que presenta, como resultado una serie de lineamientos dando un aporte para la gestión de riesgo urbano en zonas que son altamente sensibles sísmicamente. Los resultados obtenidos permitieron categorizar sitios de la ciudad con muy alta sensibilidad sísmica que representan las siguientes características más relevantes como lo son la mayor densidad de población, poca presencia institucional, social, y por la presencia de estructuras vitales.

Palabras claves: riesgo sísmico, sensibilidad sísmica, amenaza sísmica, gestión de riesgos sísmicos urbanos, área metropolitana de Mérida.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. Introducción

La Terraza de Mérida, ubicada en Los Andes Centrales Venezolanos, en tiempos pasados formaba parte de una gran llanura que fue conformada por depósitos de sedimentos transportados bajo regímenes fluvio torrenciales variables por algunos ríos como el Chama, Mucujún, Albarregas, La Pedregosa y Milla, y quebradas como La Gavidia, La Resbalosa y Carvajal; bajo cambios bruscos en las condiciones climáticas en el tiempo geológico, que pudieron ser de origen diluviales y sismotectónicas, que alteraban el “equilibrio” que existía, dando lugar al inicio de una mayor erosión hídrica, redefiniendo con esto la superficie inicial y convirtiendo parte de la gran llanura en la terraza aluvial donde se asienta actualmente la ciudad de Mérida. Esta parte de Los Andes Venezolanos, se consideran como un área con importante amenaza sísmica, de hecho, estudios históricos llevan a concluir, que en la zona se presentan fallas consideradas como muy activas, tal es el caso de la falla de Boconó, que ha registrado períodos de retorno de 200 años para eventos sísmicos de magnitud 7 (Estévez, 1994).

La definición del potencial de riesgo sísmico para un área determinada, es precisamente un elemento valioso para la planificación efectiva de las actividades del hombre (áreas de gran actividad sísmica), siendo además las regiones donde habitan más del 85% de la población del país (Zonas Andina, Central, Occidental y Oriental a lo largo de las principales Cordilleras del país). Dada esta circunstancia, el Gobierno Nacional y los Gobiernos Regionales deberían propiciar programas de investigación del potencial de riesgo sísmico que conlleven a zonificaciones sísmicas de las regiones antes señaladas y por ende a la determinación de áreas críticas a este tipo de eventos. El estudio de las condiciones físicas y la vulnerabilidad social conformada por las densidades de población sumada a las tipologías constructivas, revisten gran importancia a la hora de determinar sectores en los cuales se puede esperar mayor daño ante la ocurrencia de un evento sísmico.

El enfoque de determinación de estas áreas críticas, debe complementarse con el enfoque integral de la Gestión de Riesgos, la cual representa un papel importante puesto que comprende un gran conjunto de acciones destinadas a

transformar los escenarios de riesgos, identificando las potenciales amenazas y vulnerabilidades presentes en el ámbito geográfico de un proyecto, considerando además la proposición de métodos de prevención y mitigación para reducir dichos riesgos, y fortaleciendo estrategias de preparación y respuesta para afrontar -de la mejor manera posible-, los posibles impactos potenciales (Regina, 2009).

Conforme a esto, el propósito del presente trabajo consistió en definir lineamientos capaces de orientar la gestión de riesgo en el ámbito de la planificación urbana, mediante la propuesta de un procedimiento que considere criterios de sensibilidad ambiental para un zonificación del territorio sobre la base de un análisis de sensibilidad sísmica, considerando como área de estudio la ciudad de Mérida.

La investigación se desarrolló en seis (6) capítulos para su mejor comprensión e interpretación. En el primer capítulo se encuentra plasmada la situación considerada como la formulación del problema, objetivos planteados, justificación, importancia y los alcances de la investigación.

En el segundo capítulo, se presenta una revisión bibliográfica, identificando estudios previos que están relacionados con este trabajo así como sustentos de tipo teórico, legal y de terminología que sirven de base a la investigación.

El tercer capítulo, contiene el marco metodológico conformado por cuatro (4) fases, la primera relacionada con el Planteamiento del Problema; la segunda con la definición y diagnóstico del área de estudio; la tercera con el análisis cartográfico; y la cuarta, con la formulación de lineamientos para la gestión de riesgo en zonas de sensibilidad sísmica en el municipio Libertador del Estado Mérida, como validación de los resultados de la investigación y la presentación de la información recopilada a través de los estudio del área metropolitana de la ciudad de Mérida.

En el Cuarto capítulo se dispone de las especificaciones de áreas de sensibilidad sísmica en zonas altamente variables, con diferentes tipologías y las repercusiones que se originaran a la hora de un evento sísmico extremo en un caso de que el sismo entre dentro de la categoría VIII (Escala de Richter).

En el Quinto capítulo se generan lineamientos para la gestión de riesgos en las distintas zonas de sensibilidad sísmica. Por último, en el Sexto capítulo se establecen las conclusiones y recomendaciones producto de la investigación realizada. Se presentan además las referencias bibliográficas consultadas y finalmente los apéndices con el propósito de registrar datos claros que sirvan de referencia.

1.2. Planteamiento del Problema

El último gran sismo acaecido en la zona de Fallas de Boconó, fue el conocido como el “Gran terremoto de Los Andes”, el que aconteció en el año 1894. Este evento tuvo una magnitud superior a los 7 grados medidos en la escala de Richter, causando la muerte de más de 350 personas en todo el estado Mérida. Después de 108 años, aún no se ha registrado un sismo similar al descrito anteriormente, aunque conforme a las características de la Falla de Boconó, se ha supuesto para este tipo de fenómeno, un período de retorno de 70 a 100 años.

Desde esta perspectiva, y tomando como referencia este sismo, así como el período de recurrencia aludido, se deduce, que el lapso de tiempo para la manifestación de un nuevo gran sismo, se ha excedido, lo que indica que existe la probabilidad de que ocurra un terremoto en el presente o en los próximos años. La estimación del período de retorno de fuertes sismos, se hace suponiendo que los hechos sísmicos de ciertas particularidades, tienen una secuencia temporal, obedeciendo a alguna distribución, como por ejemplo la de Poisson, basados en datos históricos (Lafaille, 1996).

En la actualidad, la población urbana del Municipio Libertador del Estado Mérida, donde se ubica la mayor parte de su área metropolitana, es de 217.537 habitantes (INE 2011), distribuyéndose desigualmente a nivel espacial a lo largo de la terraza y zonas adyacentes, como consecuencia de la dinámica de crecimiento poblacional que ha caracterizado a Mérida, ubicándose gran parte de ésta, en asentamientos no formales, constituidos por desarrollos de viviendas precarias que ocupan una importante porción de la ciudad. Los efectos de un sismo en esta ciudad, pondrían a prueba la capacidad de resistencia y respuesta del sistema urbano existente; es por esto que se debe tomar en cuenta que los grandes conglomerados urbanos representan un gran potencial de posibles tragedias frente a las amenazas naturales.

Experiencias recientes obligan a entender, que los desastres se construyen socialmente, los eventos naturales ocurren siempre, pero sólo se convierten en desastres si el factor humano está allí; una vez que el hombre ha intervenido, ocupado y transformado el ambiente. Es por ello que los grandes conglomerados urbanos representan un gran potencial de posibles tragedias frente a las amenazas naturales. Sin planificación ni educación el problema es mayor. La vulnerabilidad urbana es, en general, un asunto de pobreza y organización social e institucional, pero también de conocimiento (tanto de expertos del mayor nivel académico, como de la base social y de las instituciones). La solución del problema requiere de grandes y sostenidos esfuerzos que no se pueden resolver en el apuro, aun cuando es urgente emprenderlos o profundizarlos (Genatios, y Lafuente, 2003).

En el caso de la Terraza de Mérida se han presentado problemas de inestabilidad del terreno, esto debido posiblemente, a la heterogeneidad de materiales, además de la poca cementación de los mismos. Dichos problemas ocurren mayormente en el borde de los taludes del río Chama, representados por desprendimientos del mismo, generando peligro en varios sectores como la Urbanización El Carrizal, Urbanización San Antonio, Santa Juana; al igual que en otros lugares por donde discurren los ríos Albarregas y Mucujún, como La Parroquia, la Avenida 1 y todo el sector de La Hoyada de Milla desde el Cuartel Rivas Dávila hasta La Vuelta de Lola, donde los desprendimientos han provocado que algunas viviendas hoy estén muy cerca del talud, e incluso en algunos casos se han perdido parte de estas.

La solución del problema requiere de grandes y sostenidos esfuerzos que no se pueden resolver en la improvisación, aun cuando es urgente emprenderlos o profundizarlos. En este sentido, la caracterización de zonas de amenaza sísmica es un tema de gran interés en estos momentos cuando ocurren una alta inestabilidad sísmica de toda Los Andes Suramericanos y un incremento en la construcción de desarrollos urbanísticos, en algunos casos sin atender ningún parámetro de seguridad sísmica, provocando que aquello que pudiese considerarse en un momento dado un evento natural, se caracterice como un desastre, al involucrar pérdidas humanas de gran consideración, de sucederse.

No obstante sus bondades, los estudios de microzonificación deben ser analizados en forma integral con otras variables (o criterios), no sólo geo-físicos, sino socio-económicos, que den una perspectiva más robusta en cuanto a la magnitud de un evento sísmico, es así como se puede incorporar el enfoque de sensibilidad ambiental, usado para la planificación y gestión de recursos

naturales, para la construcción de un procedimiento que permita ponderar otros criterios que pudiesen definir el potencial de afectación por zonas y sobre éste la formulación de lineamientos para la gestión integral de riesgos sísmico, a sabiendas de que una adecuada gestión de riesgos (bien sea siconaturales o tecnológicos) incide positivamente sobre la calidad de las variables ambientales dentro de un territorio.

Por lo antes planteado, en la presente investigación se consideraron las siguientes interrogantes: ¿Es necesaria la formulación de un procedimiento para la determinación de la sensibilidad sísmica en la ciudad de Mérida?, ¿Cuáles son los elementos que intervienen en los estudios de sensibilidad sísmica?, ¿Cómo se ponderan esos elementos involucrados? ¿Cuáles son los lineamientos a seguir para fortalecer la gestión de riesgo sísmico en la ciudad?

1.3. Justificación

El área metropolitana de Mérida presenta severas limitaciones de crecimiento urbano debido a sus restricciones físico-naturales. Alrededor del 71% de la superficie presenta condiciones bajas o extremadamente bajas para habitarlo; el 86,2 % resulta inestable, y el 80% posee muy fuerte restricciones para soportar infraestructura de relativo alto peso (Pereira, 1999).

Conforme a esto, es de suma importancia tener en cuenta el efecto que sobre las construcciones tenga la propagación de la onda sísmica a través de los estratos de suelo subyacentes, siendo de gran interés recopilar la mayor información posible a través de estudios geofísicos y geológicos, que permitan determinar el comportamiento de los terrenos sobre los cuales se encuentra apoyada la ciudad. Dichos resultados podrían contribuir a mejorar las normativas municipales de ordenamiento del uso del suelo en la ciudad de Mérida. Debido a la alta actividad sísmica reconocida en el área, son de vital importancia los estudios geofísicos, puesto que éstos, pueden ser tomados en cuenta en las restricciones a los tipos de construcciones y los parámetros de diseño para las diferentes zonas de la ciudad, así como para determinar posibles escenarios de daños durante eventos sísmicos.

No obstante, tal como lo expone Safina (2003), el riesgo sísmico de una comunidad se caracteriza por su variabilidad en el tiempo y espacio, al depender no sólo de la sismicidad de la región sino también, de la densidad de la población, el nivel de desarrollo económico y el grado de preparación para hacer frente a una crisis

sísmica. En términos de riesgo sísmico, cuanto mayor sean la peligrosidad, la vulnerabilidad y el valor de los elementos expuestos; y más bajo el nivel de preparación en un centro urbano, la posible catástrofe es mayor.

De ahí radica la importancia, de que las instituciones públicas tomen las atribuciones que le otorgan las leyes de planificar, controlar, vigilar todo lo relacionado en la construcción de vivienda tanto establecidas, como las futuras. A objeto de fortalecer este tipo de gestión, es importante contar con una metodología que permita como primer resultado, una zonificación del área la cual no sólo considere elementos geofísicos, sino socio-económicos, y que a través de la identificación de niveles de sensibilidad permita definir los lugares con mayor potencial de afectación ante un evento sísmico (en este caso). A partir de ello se podría sentar las bases para delinear estrategias adecuadas de repuesta en casos de emergencia y que se constituyan en base de investigaciones futuras para procurar la obtención de información sobre las potencialidades y limitaciones que se presentan en una ciudad desde el punto de vista geosísmico.

El presente trabajo planteó por ello realizar una identificación y análisis de zonas de sensibilidad sísmica del Área del Municipio Libertador del Estado Mérida, donde el notable crecimiento habitacional constituye un punto de relevante interés para formular una serie de lineamientos que permitan al Estado, a través de las instituciones pertinentes, coordinar programas, planes y proyectos de gestión de riesgo sísmico, para ser incorporados en los instrumentos de planificación y control urbano orientando la asignación de nuevos roles institucionales y la mejora de estilos de gestión, buscando con ello el establecimiento de nacientes enfoques de gestión municipal, incluyendo las prospectivas a futuro y partiendo del escenario actual de una ciudad que presenta una concentración poblacional con niveles considerables de vulnerabilidad.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Diseñar y aplicar procedimientos de zonificación de áreas urbanas basados en criterios de sensibilidad sísmica utilizando como caso de estudio la ciudad de Mérida-Venezuela, con el fin de contribuir en los instrumentos de gestión integral de riesgos urbanos a nivel de instancias locales.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Reconocer y evaluar los factores y elementos (criterios) que determinan condiciones de sensibilidad sísmica en áreas urbanas de montaña andina, utilizando como caso de estudio el municipio Libertador del estado Mérida.
- Establecer una zonificación del área de estudio atendiendo a niveles de sensibilidad sísmica, considerando características y condiciones físico naturales y socio territoriales.
- Proponer unos lineamientos estratégicos que orienten la gestión de riesgo en zonas urbanas del Municipio Libertador del Estado Mérida, atendiendo a especificidades de áreas de sensibilidad sísmica identificadas y evaluadas.

1.5. Alcances

Por la ejecución de la investigación se establecieron los siguientes alcances:

i) La definición del área de estudio dentro de la poligonal urbana actual del municipio Libertador, se delimitó en función al alcance espacial de la información geofísica disponible.

ii) Los factores (criterios) para la determinación de la sensibilidad sísmica se establecieron a juicio de expertos, considerando criterios geofísicos, poblacionales, de equipamiento urbano, fragilidad socio-económica y actuación institucional.

iii) La ponderación de los pesos de cada factor se ejecutó aplicando la metodología de comparación por pares, en el contexto de un análisis jerárquico.

iiii) La escala de representación cartográfica de la información considerada para los factores y el análisis de sensibilidad fue de 1: 25.000.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan antecedentes, aspectos teóricos y el basamento legal que permiten afianzar el proceso de estudio de las zonas de sensibilidad sísmica y la gestión integral de riesgos sísmicos en Venezuela.

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Experiencias Internacionales

Brabb (1995), expone que el condado de San Mateo en el estado de California en los Estados Unidos, tiene varios riesgos por diferentes procesos geológicos, incluyendo el movimiento de la Falla de San Andrés, asociada con deslizamiento, inundaciones y erosión costera. En el año de 1970, los planificadores del condado solicitaron ayuda de estudios realizado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), para determinar la localización y severidad de los procesos más riesgosos, y para preparar mapas que pudieran ayudarlos a lidiar con estos problemas. Algunos mapas fueron preparados para mostrar la localización de zonas de fallas, y los más recientes rastros de actividad de la falla, áreas sujetas a inundaciones, y un inventario (pasado y reciente) de la actividad de deslizamiento. La experiencia representó un aporte a la presente investigación ya que aporta valiosos aspectos metodológicos que pudieron ser considerados en la representación cartográfica del riesgo sísmico.

Del mismo modo, Lang (1998) encabezó un proyecto fundado por la Agencia para el Manejo Federal de Emergencia (FEMA), el cual tenía como finalidad asesorar a través de un SIG, sobre cómo diferentes edificios de tres condados de Oregón y 24 ciudades, así como, las carreteras y demás infraestructura, podrían sobrevivir a grandes terremotos. Además de cuáles áreas de Portland se consideraban susceptibles a daños causados por grandes sismos, debido a algunas condiciones que presentaban los suelos, objetivos con gran símil a los de la actual investigación.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres de México (2001), en informe publicado refiere como entre los principales factores de riesgo en las zonas urbanas están los riesgos químicos, gas licuado de petróleo (gas LP), gasolineras y el

transporte de sustancias y residuos peligrosos. La producción, transporte, distribución y uso final del gas LP implica diferentes riesgos para la población y el ambiente, que van desde fugas, explosiones e incendios de pequeña escala hasta eventos que abarcan grandes áreas de zonas habitacionales o industriales. Considerando que el área de estudio del presente trabajo (el municipio Libertador), coexiste un número significativo de estaciones de servicio, se considera importante escrutar el cómo se podrían proyectar la magnitud de las posibles afectaciones de este riesgo tecnológico a nivel municipal.

2.1.2. Experiencias Nacionales

Según Padron (2009), a partir del sismo ocurrido en el año 1967 que afectó el área metropolitana de la ciudad de Caracas y el litoral central del hoy Estado Vargas, se inició un proceso sistemático del estudio de la amenaza sísmica y de las técnicas para la reducción del riesgo sísmico que se concretó con la creación de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). El autor expresa en su trabajo, que en el año 1967 se evidenció que el municipio Chacao se encuentra en riesgo de ocurrencia de un desastre causado por sismos cuando cuatro edificaciones ubicadas en la zona de Los Palos Grandes, colapsaron debido a efectos de sitio relacionados a la profundidad del suelo sobre el cual se asienta el municipio. Dicho evento motivó una serie de estudios como la microzonificación sísmica la cual determina zonas con similar comportamiento sísmico. El estudio tuvo por objetivo definir lineamientos para la consideración del riesgo sísmico en la planificación urbana del municipio Chacao teniendo en cuenta los resultados de dichos estudios. Primero se analizaron los principales características de la amenaza sísmica, de la exposición a dicha amenaza, de la vulnerabilidad tanto física como social, los diferentes esfuerzos del municipio para la reducción del riesgo y se incorporaron la experiencia reportada de dos casos internacionales: Bogotá y Manizales.

Posteriormente este mismo equipo técnico analizó la posibilidad de incorporar los resultados de la microzonificación sísmica en la planificación urbana, generándose otros productos como fueron siete lineamientos para la identificación del riesgo, la reducción del riesgo y la transferencia del riesgo: 1) monitorización del riesgo, 2) generación del conocimiento, 3) informar, concienciar, educar, y acompañar a los actores, 4) aumentar el control sobre la aplicación de las normas para edificaciones sismorresistentes, 5) actualizar y complementar los instrumentos legales, 6) reforzar las estructuras y comenzar un proceso de renovación urbana, y 7) transferir el riesgo. Entre los años 2009 y

2011, el programa de reducción del riesgo sísmico en edificaciones escolares (IMME-FUNVISIS-FEDE, 2011), ejecutó una microzonificación sísmica de la ciudad de Caracas (FUNVISIS, 2009). Las metodologías y técnicas de análisis utilizadas aportaron valiosa información a la presente investigación. En el campo estructural, en 2010 Marinilli *et al.*, desarrollaron un instrumento de inspección rápida de edificios escolares a fin de identificar aquellas características que más influyen su vulnerabilidad ante los terremotos y se entrenó a un equipo de personas para llevar a cabo las inspecciones de 289 escuelas distribuidas en el país. Se incluyeron todas aquellas que pudiesen ser iguales o similares a las derrumbadas en Cariaco y las de mayor antigüedad. Se desarrolló una metodología para asignar índices de vulnerabilidad e índices de riesgo a partir de la información recolectada en campo. El índice de riesgo fue obtenido combinando el índice de vulnerabilidad con el índice de amenaza y con el índice de población escolar. El índice de riesgo les permitió ordenar los edificios inspeccionados y seleccionar aquellos críticos que ameritaban ir a una fase posterior de estudios detallados. En una muestra de 55 escuelas de los estados Sucre y Carabobo se encontró que un 50% poseía mayor vulnerabilidad que la escuela Valentín Valiente derrumbada en la población de Cariaco durante el terremoto del 2005.

2.1.3. Experiencias Locales

En 1993, Salvatierra presentó un estudio preliminar sobre Vulnerabilidad Sísmica de la ciudad de Mérida. Este trabajo consistió en diagnosticar el nivel de vulnerabilidad, en función de los niveles de daños esperados en las edificaciones residenciales, instalaciones esenciales y otras infraestructuras urbanas, generadas por eventos sísmicos. Fue fundamental para este análisis considerar aspectos como la probabilidad de ocurrencia de sismos en los próximos 50 años con magnitudes mayores a los 6 o 6,5 grados en la escala de Richter, a una distancia epicentral entre 10 a 100 km; y grado de vulnerabilidad de las edificaciones construidas con diversidad de errores de diseño estructural y la respuesta local del suelo. Consideró un grupo de urbanizaciones de la ciudad de Mérida y algunos asentamientos residenciales de desarrollo informal construidos en lugares no aptos para ser urbanizados.

Posteriormente Lafaille (1996), ejecutó un estudio titulado “Escenario sísmico de la ciudad de Mérida”. En éste se planteó un procedimiento para construir escenarios de eventos sísmicos, fundamentado en un índice que resume la variable determinante de los daños que sufren las edificaciones cuando ocurre un terremoto. Este índice se

denomina “Probabilidad de Subsistencia” (PS), porque es definido de tal forma que sus propiedades sean similares a la de una función de probabilidad. Sobre la base de esta definición, se estudió como cada variable de interés modifica la probabilidad de subsistencia de una edificación. La intención fundamental es asignar a cada punto, zona o edificación de una ciudad, un valor de (PS) que ilustre su posible comportamiento en caso de ocurrir un evento sísmico, cuyas características también son determinantes en el proceso. En la aplicación del procedimiento antes descrito, Lafaille realiza una breve revisión de la sismicidad histórica e instrumental de Los Andes Venezolanos, analizando características de las fallas principales. Así mismo, aplico técnicas de sectorización o zonificación geográfica y empleo la técnica de muestreo aleatorio estratigráfico para estudiar la variables “tipo de edificación”. En función de la Probabilidad de Subsistencia obtenida para cada sector, elaboró un escenario sísmico de daños para la ciudad, y además planteo recomendaciones acerca del problema en la atención de emergencias sísmicas.

Seguidamente Lannuzi (1997) expuso un trabajo titulado “Aplicación de una metodología orientada a objetos para el desarrollo de sistemas de información geográfica en apoyo a la gestión y administración de desastres naturales”. En este, mostró la implementación de una metodología orientada a objetos para el desarrollo de SIG (MEDIG-OO) establecida por el grupo de ingeniería de datos y conocimiento (GIDYC) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Como caso de estudio, elaboro un prototipo de SIG para la “Fundación para la Prevención de Riesgos Sísmicos” (FUNDAPRIS); este sistema tuvo como función principal, servir de apoyo a la referida institución en la Gestión y Administración de Desastres relacionados con eventos sísmicos y la zonificación de riesgo a movimientos en masa. La metodología desarrollada fue aplicada al “escenario sísmico de la ciudad de Mérida”, el cual fue establecido por Lafaille un año antes.

Ese mismo año 1997, Rozo (1997) elaboró un estudio titulado “Identificación de sitios óptimos para el establecimiento de centros de atención médica especializados (CAMES) en situaciones de desastres sísmicos, estudio de caso Mérida, Venezuela”. Este trabajo suministró una herramienta útil que permitía conocer las condiciones de vulnerabilidad de las instalaciones hospitalarias existentes en la ciudad de Mérida y proveer un medio para la identificación y evaluación de este tipo de infraestructura. El procedimiento central consistió en aplicar una metodología tomando como referencia el “escenario sísmico de la ciudad de Mérida”, establecido por Lafaille en el año 1996, orientada a establecer un criterio para decidir de manera rápida y eficaz, las condiciones de vulnerabilidad a que se encuentran expuestas las instalaciones hospitalarias para resolver su funcionalidad en el momento que ocurra un movimiento sísmico de gran magnitud.

Donoso (1998), presentó un estudio de “Vulnerabilidad Geográfica y Social de la ciudad de Mérida”. Este consistió, en ubicar los sectores más vulnerables geográfica y socialmente dentro de la terraza de Mérida y de la cuenca del río Chama, realizando a su vez, un estudio de vulnerabilidad socioeconómica del sector en la cuenca del río Chama, haciendo énfasis en tres aspectos fundamentales: a) condición socioeconómica de la población; b) condición de la vivienda y c) percepción del riesgo. Además efectuó una simulación de los deslizamientos en la cuenca del río Chama, lo que le permitió cuantificar daños a viviendas y contingencia humana. Unos de los aspectos que más destaca de esta investigación son los resultados obtenidos de la aplicación de los modelos de simulación. A partir de estos, se pudo inferir la probabilidad de ocurrencia de siniestros; estableciendo la estrecha correlación que existe entre los resultados y la realidad de riesgo que tienen algunos sectores en la ciudad de Mérida.

Unos años después Rebotier (2006), realizó una investigación que se centra en la localización de los focos de heridos en función de sectores geográficos en Mérida en el caso de un sismo, partiendo de la consideración de que el mismo es un elemento esencial para la organización del rescate y para la anticipación de las fases de gestión de crisis, tomando en cuenta las variables de amenaza sísmica, de resistencia de las construcciones y de densidad poblacional. Al combinar las condiciones físicas locales de agravación de la intensidad sísmica, el comportamiento de las construcciones en caso de temblor y la cantidad de población, hallada a una escala fina por foteointerpretación, para indicar aproximadamente el impacto del sismo en término de heridos, obtuvo un mapa de Mérida con los probables sectores más propensos a presentar un alto número de heridos. Dichos sectores o focos se ubicaron en el sector Los Curos, áreas al sur del aeropuerto y en la parte alta de la ciudad, en particular en el sector de la plaza Milla y del barrio La Milagrosa. Concluye destacando, como gracias a la identificación de los focos, se puede anticipar la preparación de los servicios de rescate en función del riesgo específico y con tales herramientas plantear la problemática de la gestión del riesgo en Mérida.

Posteriormente Liñayo (2009), ejecutó el proyecto de caracterización integral del riesgo tecnológico urbano promoviéndose en varias de las principales ciudades del país y que lleva el nombre de “Investigación aplicada a la gestión integral de riesgos urbanos”. Este proyecto fue promovido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología en las ciudades de Barcelona-Puerto la Cruz; Valencia-Maracay; Valle de la Pascua y Mérida (a manera de experiencia piloto), con la finalidad de propiciar la microzonificación urbana del riesgo sísmico, hidrometeorológico, por movimiento de

masas y, por vez primera en el país a esta escala, del riesgo tecnológico asociado a la existencia de materiales peligrosos. El componente de caracterización de riesgo tecnológico de este estudio contempló el inventario de los distintos tipos de riesgos asociados a la ocurrencia de incendios, explosiones de flagraciones y de fugas de materiales tóxicos, y el cálculo de escenarios de impacto urbano potencial que pudieran generar estos eventos.

Los resultados de las investigaciones antes referidas, permiten inferir la importancia que ha ganado la temática de gestión de riesgos en zonas urbanas orientadas a prevenir eventos que generen daños sobre las poblaciones humanas y sus servicios vitales de equipamiento y atención en el momento de una emergencia. Ya son muchos los países que se suman a esta dinámica, incentivando la investigación y aplicación de programas pilotos en sectores que así lo requieran. En Venezuela, y particularmente en Mérida esta temática ha ido en incremento, contando para el momento con una buena base técnica y legal que permita realizar gestión de riesgos a todos los niveles de planificación con la finalidad de prevenir eventos adversos o por lo menos tener una adecuada preparación y respuesta, ya que los eventos naturales son impredecibles; y para después de la ocurrencia de los mismos, contar con mecanismos de mitigación, y respuesta lo que conlleve a mejorar la capacidad y actuación ante este tipo de eventos.

2.2. Marco Legal

En este apartado se hace referencia a la normativa legal venezolana vigente que ejerce influencia en la gestión de riesgos en todos los niveles gubernamentales, y que de cierta manera contribuyen a fortalecer la Ley de Gestión de Riesgos Socio-naturales y Tecnológicos, como herramienta de gran valor para el país, el cual, como la experiencia lo demuestra, es susceptible a sufrir eventos adversos. Por lo tanto, es de vital importancia, tal como lo norma la legislación crear instrumentos que se enfoquen en la prevención y respuesta para minimizar la vulnerabilidad e incrementar la capacidad de actuación.

2.2.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

Artículo 55: Derecho de toda persona a la protección por parte del Estado a través de los órganos de seguridad, frente a situaciones que constituyan amenaza,

vulnerabilidad o riesgo para la integridad física de las personas, sus propiedades, el disfrute de sus derechos y el cumplimiento de sus deberes.

Artículos 127 y 128: Es un derecho, individual y colectivo, el disfrute de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio, atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, sociales, económicas y políticas, de acuerdo a las premisas del desarrollo sustentable.

2.2.2. Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOOT) (1983) y la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (LOOU) (1987).

En estas se dicta que el Estado (a todos los niveles) es el responsable junto al sector privado de “la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el territorio nacional, con el fin de procurar el crecimiento armónico de los centros poblados” (LOOU); reconociendo al territorio como condicionante y determinante de la intervención urbana.

2.2.3. Ley Orgánica del Poder Público Municipal (2005)

Apoya la gestión de riesgo, al determinar (Artículo 66) que el municipio debe velar por: “la promoción de los servicios y el principio de corresponsabilidad en lo atinente a la seguridad ciudadana, la protección civil y la defensa integral de la República”... “La protección y defensa civil, la prevención y extinción de incendios, la prevención y acción inmediata en caso de accidentes naturales o de otra naturaleza”.

2.2.4. La Ley Orgánica del Ambiente (2006)

Pone de manifiesto los lineamientos de prevención de riesgos y promueve la creación de instancias regionales, estatales y locales.

Artículo 3: Se define riesgo ambiental como la probabilidad de ocurrencia de daños en el ambiente, por efecto de un hecho, una acción u omisión de cualquier naturaleza.

Artículo 4: Entre los elementos que integran la gestión del ambiente se encuentran: (Numeral 2) la prevención, como la medida que prevalecerá sobre cualquier otro criterio en la gestión del ambiente.

Artículo 20: Se prevé la creación o el establecimiento de instancias regionales, estatales y locales de coordinación y participación ciudadana para cooperar con la gestión del ambiente.

Artículo 23: Entre los lineamientos definidos para la planificación del ambiente, se encuentran (numeral 6) los sistemas de prevención de riesgos para garantizar su inserción en los planes nacionales, así como la participación ciudadana y la divulgación de la información.

2.2.5. La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (L.G.I.R.S.T.) (2009)

La “Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, publicada en la Gaceta Oficial N° 39.095 del 09 de enero de 2009, tiene como finalidad, regular los lineamientos que orientan la política nacional en la ejecución de las competencias concurrentes de los entes políticos territoriales en materia de gestión integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. Tal y como lo indica su nombre, representa una oportunidad para la unificación de términos, la ampliación de la concepción de la gestión de riesgo, y la coordinación institucional. Conforme a la Ley, la política nacional de la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos es transversal a todas las instancias del Poder Público y a los particulares. Incluye el conjunto de lineamientos emitidos por el Estado dirigidos a evitar o disminuir los niveles de riesgos en el territorio nacional, y generar las capacidades para afrontar las emergencias y desastres, fomentando la incorporación activa de las instituciones privadas, así como la participación permanente de la comunidad, en su implementación. La Comisión Central de Planificación establecerá las directrices para la formulación de planes especiales de reducción del riesgo, para los distintos escenarios de riesgo construidos en los distintos niveles de gestión. La ley de gestión integral de riesgo debe indagar un poco más en la estructura funcional de cada organismo nacional y local dependiendo del entorno natural de cada región para dar cumplimiento a los lineamientos expuestos dando algunos aportes importantes para esta investigación.

2.2.6. Zona Protectora de la Cuenca del Río Albarregas (1973).

El 23 de febrero de 1970, el Consejo Municipal de la ciudad de Mérida, bajo la presidencia del Dr. Reinaldo Chalbaud Zerpa, determinó la necesidad de crear zonas de protección a los márgenes de los ríos Albarregas, Milla, Chama y

Mucujún, que serían destinadas única y exclusivamente a áreas de reforestación con el objeto fundamental de preservar y mantener el paisaje con fines ecológicos, conservacionistas y recreacionales (Blanco y Trejo 2007). Posteriormente el 23 de agosto de 1973 mediante Decreto 1.379 de la Gaceta Oficial N° 30.186 se declara zona protectora de suelos y aguas la cuenca del río Albarregas con la finalidad de que sus recursos naturales renovables fueran ordenados y manejados de acuerdo con sus características ecológicas, por su gran importancia paisajística y para la conservación ambiental del área metropolitana del estado Mérida.

2.2.7. Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la Cuenca del río Albarregas (1999)

Finalmente 26 años después de crearse la Zona Protectora de la Cuenca del río Albarregas se publica en Gaceta Oficial extraordinaria N° 5.305, mediante decreto 3.221 de fecha 13 de enero de 1999, el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso con el fin de ordenar y manejar los procesos de ocupación del espacio en la cuenca Albarregas mediante la regulación de la localización de las actividades y el establecimiento de las restricciones para la intervención, uso, y aprovechamiento de los recursos naturales, con la finalidad de garantizar su conservación integral. Con fines de uso y manejo la zona protectora de la cuenca Albarregas está dividida en tres unidades de ordenamiento a saber:

- Unidad I: Parque Nacional Sierra de la Culata.
- Unidad II: Área de Amortiguación al Parque Nacional Sierra de La Culata y Cordón Protector del Área Metropolitana de Mérida.
- Unidad III: Área Urbana.

Para cada una de estas unidades están establecidas los usos permitidos, restringidos y prohibidos, en ese sentido la Unidad I correspondiente al Parque Nacional Sierra de La Culata está conformada por el espacio geográfico afectado por la declaratoria de Parque Nacional, constituida por bosques altos y medios, áreas de páramo; los cuales merecen una protección absoluta en la cual no debe existir intervención humana.

Por otro lado la Unidad II referida al Área de Amortiguación al Parque Nacional Sierra de La Culata y Cordón Protector del Área Metropolitana de Mérida, se

localiza en la parte media inferior de la zona protectora entre los límites del Parque Nacional Sierra de La Culata y la poligonal definida en el Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana del estado Mérida.

Por último se encuentra la Unidad III la cual se encuentra referida al Área Urbana que se corresponde con la poligonal de expansión del área Metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay, cuyos usos permitidos y condiciones están regidos por lo establecido en el Plan de Ordenación Urbanística correspondiente, publicado en Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.303 mediante resolución N° 3001 el 08 de enero del año 1999.

Como bien se ha señalado, para esta cuenca que representa cerca del 50% del territorio urbano de la ciudad de Mérida y del municipio Libertador, existe una serie de bases legales de gran importancia para el manejo, la conservación y la regulación de los diferentes usos o actividades humanas que pueden afectar estos espacios, y que para efectos de este estudio se hace necesario conocer.

2.2.8. Plan Rector del Área Metropolitana de Mérida – Ejido (1981)

A la ciudad de Mérida se le ha elaborado y aprobado varios planes de ordenamiento y desarrollo urbanístico que han buscado orientar y regular de manera armónica su crecimiento físico espacial. En 1953 se elaboró un Plano Regulador de Mérida debido a que la población había sobrepasado los 25.000 habitantes. En 1971, se presentó el Plan de Desarrollo y sus Ordenanzas para Mérida, elaborado en Caracas por la Dirección de Planeamiento de Obras Públicas (MOP). Sin embargo, de dicho Plan solo se aprobó la vialidad propuesta para la expansión lineal y transversal de la urbe.

La ciudad de Mérida transitó parcialmente ese camino legal de planificación y gestión del urbanismo, en forma similar a muchas otras ciudades venezolanas (Blanco y Trejo 2007). En efecto, en el año 1973, la ciudad de Mérida fue objeto de la realización y aprobación de un Plan de Desarrollo Urbano Local. El mismo fue actualizado en 1978, por requerimientos establecidos a partir del surgimiento de la Ley Orgánica de la Administración Central (1976) y la Ley Orgánica de Régimen Municipal (1978). En 1981 se le aprobó un Plan Rector de Desarrollo Urbano para su incipiente Área Metropolitana Mérida-Ejido. Este plan rector tiene

gran importancia en esta investigación debido a la preocupación de las pocas acciones tomadas al respecto en cuanto la atención del riesgo sísmico.

2.2.9. Plan de Ordenación del Territorio del estado Mérida (1992)

El 5 de abril de 1992, se publica en Gaceta Oficial del estado Mérida el respectivo Plan de Ordenación del Territorio cuyo objetivo principal es “regular y promover el uso racional del espacio, a los fines de lograr el mayor bienestar de la población; la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente...”. Uno de los aportes más importantes del Plan fue la asignación de usos, de los cuales se hace referencia al uso de las áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE) entre los que se menciona al Parque Nacional Sierra de La Culata y la Zona Protectora de la cuenca del río Albarregas. Otras asignaciones de uso estaban referidas al uso agrícola indicándose cuales constituían las áreas de máxima, media y baja preservación, los usos urbanos, los usos industriales, forestal, minero – energético y turístico – recreacional. Para esta investigación se reconoce que el plan de ordenación del territorio para Mérida no considera las zonas protectoras dejando como zonas expuestas a alta sensibilidad debido a que no se cumplen las normativas expuestas.

2.2.10. Plan de Ordenamiento Urbano del Área Metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay (1999)

El Plan de Ordenamiento Urbano fue publicado en la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.303 mediante resolución N° 3001 el 08 de enero del año 1999; el cual establece los lineamientos necesarios para el área comprendida por la Poligonal urbana que allí se define para orientar el crecimiento de la ciudad en sus próximos 20 años.

Este Plan dicta las pautas de los usos permitidos de acuerdo a las características particulares de estos espacios, constituyendo como principales limitaciones y restricciones aquellas condiciones topográficas, geomorfológicas y ecológicas de las vertientes montañosas, los taludes erosionables, el riesgo hidrológico y las condiciones de drenaje, presencia de áreas con alta fragilidad ecológica, alto potencial sísmico y las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE).

Este plan de ordenamiento incluyó como superficie urbana, 9.410 ha de los municipios Libertador, Santos Marquina y Campo Elías (Rangel, González y Pérez

2012). Este último plan ha fungido de instrumento rector de la ocupación de los espacios de la ciudad por los grandes usos durante los últimos 11 años. Desde ese mismo año 1999, los estudiosos y expertos en el tema urbano residentes en la ciudad, manifestaron la necesidad que tenía Mérida ciudad, de desagregar esas directrices y determinantes establecidas por el referido Plan de Ordenación Urbanística (POU) del Área Metropolitana de Mérida- Ejido-Tabay; demandaba la inmediata elaboración e implantación de un Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) limitado al ámbito propiamente local de la ciudad, un Plan Urbano acotado y particularizado a su realidad físico espacial. Lamentablemente y por razones económicas, el mismo no fue culminado, ejecutándose en su lugar una “Ordenanza Urbana” provisional, que se ha erigido como el único instrumento de gestión local.

2.3. Bases Conceptuales

2.3.1. Riesgo y Amenaza Sísmica

La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (2009) define la amenaza como la “probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un período de tiempo definido, con potencial de producir efectos adversos sobre las personas, los bienes, los servicios y el ambiente”.

En el caso puntual de la amenaza sísmica se tiene que es un término técnico mediante el cual se caracteriza numéricamente la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica (o aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un período de tiempo (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, 2009).

La norma venezolana COVENIN 1756-2001, define el término de amenaza sísmica como la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos que pueden afectar en forma adversa la integridad de edificaciones y sus ocupantes durante cierto período de tiempo en un sitio dado. Cuando se diseña en una zona sísmica, la amenaza constituye uno de los componentes más importantes del contexto en donde se ubicará la estructura.

Es así como, la amenaza sísmica viene siendo la probabilidad de ocurrencia de un movimiento sísmico en un lugar determinado, con magnitud y duración específicas. La vulnerabilidad sísmica es el grado de susceptibilidad a sufrir los efectos causados

por un sismo, considerándose como de mayor vulnerabilidad, aquellos entes que tienen mayor probabilidad a sufrir daños, debido a sus características internas de ubicación, estabilidad, resistencia, flexibilidad, configuración, entre otras.

El riesgo sísmico será entonces, la combinación del nivel de exposición que tenga un sujeto frente a la posible ocurrencia de un sismo, junto con el grado de susceptibilidad que presente dicho sujeto para enfrentar tal evento. Un alto riesgo sísmico se presenta cuando existe un ente ubicado en una zona de alta amenaza sísmica y, adicionalmente, ese ente no presenta las condiciones necesarias para poder afrontar un evento sísmico, es decir, el ente es vulnerable (Astorga 2011). La amenaza representa entonces, un factor de riesgo externo a la estructura, es un peligro latente natural asociado al fenómeno sísmico, capaz de producir efectos adversos a las personas, los bienes y/o al ambiente (Figura 2.1).



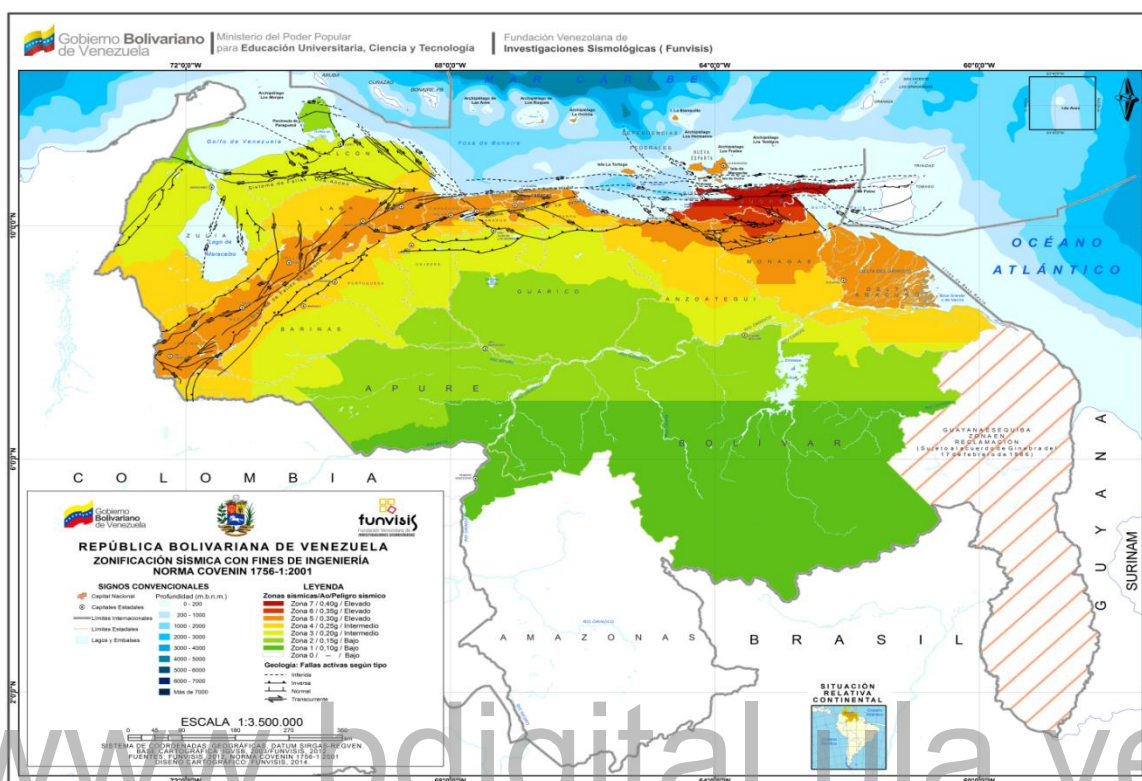
Fuente: Astorga (2011)

Figura 2.1. Viviendas en el municipio Libertador, altamente vulnerables ante la amenaza sísmica

Las medidas de mitigación sísmica se deben implementar de acuerdo al nivel del riesgo sísmico, el cual está en función de la magnitud del sismo, su probabilidad de ocurrencia y las consecuencias esperadas de dicha ocurrencia.

La magnitud de un sismo y su probabilidad de ocurrencia se combinan para crear mapas de zonificación sísmica, los cuales son particulares para cada zona y país. En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, este mapa se incluye en la

Norma COVENIN 1756-2001 “Edificaciones Sismorresistentes” y está dividido en ocho zonas (de 0 a 7, Figura 2.2).



Fuente: Norma COVENIN 1756-2001 “Edificaciones Sismorresistentes”

Figura 2.2. Mapa de zonificación sísmica de Venezuela, una manera de evaluar la amenaza

Estas zonas se encuentran clasificadas de muy alta, elevada, moderada y baja amenaza sísmica, caracterizadas por amplitudes máximas de aceleración del terreno a nivel de la roca, con un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años; cuyo objetivo de desempeño estructural alcanza el nivel de Seguridad Estructural, en el cual se permite a las edificaciones incursionar en el rango inelástico hasta alcanzar niveles de daños en componentes estructurales de las edificaciones pero sin que se produzca la condición de colapso estructural.

En el caso específico de la ciudad de Mérida, un grupo importante de investigaciones sobre su riesgo y amenazas sísmicas a su sitio, han sido llevados a cabo en los últimos años. Un uno de ellos, se reconoce como los terrenos sobre los que se asienta la ciudad de Mérida, tiene estimada una aceleración máxima en roca de 0,30 g. Para cada zona en particular de la ciudad se proporcionan coeficientes de

diseño para las fuerzas laterales que difieren según el área. La selección de dichos coeficientes se basa en los siguientes tipos de sismos:

- Terremoto moderado o de base operativa (TBO). La estructura puede experimentar daños menores que se pueden reparar, pero permanecerá en funcionamiento y operación. Un terremoto de base operativa tiene 50% de probabilidad de ocurrir en 50 años; esto representa un período de retorno del evento, de cerca de 72 años.
- Terremoto severo o de diseño (TDD). La estructura puede estar gravemente dañada y ser declarada ruinoso, pero sigue en pie para permitir la salida de los ocupantes del inmueble. Un terremoto de diseño tiene 10% de probabilidad de ocurrir en 50 años; lo que representa un período de retorno de 475 años (Norma para edificaciones sismorresistentes COVENIN 1756 - 2001)

En otro estudio como el de Castillo 2005, se reconoce como algunos tipos de terreno dentro de la ciudad tienen un mayor nivel de amenaza sísmica. En él se afirma como la ciudad de Mérida se encuentra localizada sobre un abanico de terraza aluvial, limitado por tres taludes principales: el talud del río Albarregas, el del río Mucujún y el talud del río Chama, y que la amenaza de los taludes presenta al menos tres aspectos fundamentales:

- La posibilidad de movimiento de masas debido a condiciones locales del talud.
- El efecto de amplificación de las ondas sísmicas en las zonas cercanas a los bordes del talud.
- El efecto “disparador” de movimientos de masa (derrumbes, deslizamientos) que puede tener un sismo de magnitud moderada (mayor de 4 grados) con epicentro cercano, al menos a 10 kilómetros de una zona de laderas (Castillo, 2005).

Castillo (2005) afirma, que los sitios más susceptibles a sufrir deslizamientos activados por eventos sísmicos en la ciudad de Mérida, se encuentran localizados en el flanco sureste al borde del cauce del río Chama y hacia el perímetro del río Mucujún, con niveles de riesgo que van desde el nivel VIII al X en la escala de Richter, que es el valor máximo. Destaca igualmente, como los resultados para los

desplazamientos permanentes del terreno en centímetros (PGD, Permanent Ground Displacement) para un escenario generado por un evento de intensidad I=IX, los máximos valores de desplazamiento permanentes se encuentran mayormente distribuidos sobre los cañones (abras) de los ríos Chama y Mucujún.

Para Lafaille (2009b), los análisis de diferentes escenarios generados por sismos de diferentes intensidades con base en los desplazamientos permanentes del terreno, reflejan una considerable amenaza para escenarios con eventos de I=VIII y I=IX, y se localizan específicamente sobre el borde sureste de la terraza de la ciudad de Mérida, en el flanco del río Chama. Afirmando, que si los deslizamientos ocurrieran, esta parte de la ciudad puede desaparecer o resultar severamente dañada, y la falla del suelo puede represar el río y/o hacer caer las vías de comunicación e infraestructura aledañas al borde de los taludes.

Reitera Lafaille (2009b), que para eventos menos fuertes, por ejemplo un escenario sísmico de intensidad I=VI, se obtienen desplazamientos permanentes del terreno más pequeños, lo cual indica que si ocurren los deslizamientos, sus efectos serían localizados, no comprometerían grandes áreas de la ciudad. Sin embargo, las instalaciones y líneas vitales localizadas en los sitios vulnerables, deben ser estudiadas para estimar los efectos particulares pueden generarse debido a pequeños deslizamientos.

Por todo lo antes mencionado, se debe resaltar que la amenaza sísmica no sólo viene representada por un sismo destructor, sino también viene representada por una serie de sub-amenazas que están representada por eventos pequeños que, combinados con algunas condiciones favorables como por ejemplo, alta pluviosidad en alguna zona crítica, puedan desencadenar un deslizamiento de tierra que afecte el funcionamiento de algunas líneas vitales, como el acueducto de la ciudad.

2.3.2 Vulnerabilidad Sísmica

Se entiende por vulnerabilidad *“las condiciones inadecuadas de seguridad que presentan personas, edificaciones, espacios físicos, entre otros, ante una amenaza potencialmente dañina”* (L.G.R.S.T, 2009).

Para Quintero y Ussher (2014) afirman, que la vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de cada estructura; una característica de su comportamiento, y puede entenderse como la predisposición intrínseca de una o de un grupo de

estructuras a ser afectadas o susceptibles a sufrir daños, ante la ocurrencia de un evento sísmico determinado. Esa vulnerabilidad de una estructura, vendría a corresponder con un grupo de estructuras o una zona urbana completa, definiéndose su predisposición intrínseca a sufrir daños en caso de un movimiento sísmico de una intensidad determinada. Estará directamente relacionada con las características del diseño y la construcción de la estructura. La vulnerabilidad es uno de los factores determinantes del riesgo sísmico total, además constituye una herramienta clave para los planes de mitigación de desastres.

Respecto a los mecanismos de evaluación de vulnerabilidad sísmica, Ortega (2011) afirma, que existen organismos que han dedicado a crear y mejorar continuamente una serie de documentos y recomendaciones con los cuales es posible evaluar de manera práctica la posible respuesta de una edificación frente a un sismo. Según estos documentos, existen diferentes niveles de evaluación:

i) Inspección visual rápida: consiste en asignar una calificación a cada parámetro de vulnerabilidad localizado por simple inspección visual del edificio. A la calificación básica se adiciona o se resta la calificación recibida por los parámetros modificadores de vulnerabilidad, obteniendo con ello una calificación final de la estructura.

ii) Análisis detallado: consiste en hacer un levantamiento de las dimensiones en planta y elevación de la estructura, determinar las propiedades de los materiales existentes (resistencia, estado actual y posibles daños), e identificar el tipo de suelo sobre el cual se cimentó la estructura, para luego crear un modelo estructural a través del cual –por medio de un análisis estructural detallado y aplicando una caracterización específica de los efectos sísmicos– se determine el nivel de daños que sufriría la edificación ante este movimiento telúrico.

iii) Instrumentación: se colocan sobre la edificación instrumentos electrónicos de medición de vibraciones (acelerómetros). A partir de las mediciones de vibraciones ambientales se utilizan algoritmos computacionales especializados para descodificar las propiedades básicas que rigen la respuesta sísmica de la estructuras, es decir, sus formas modales, frecuencias de vibración, amortiguamiento, e interacción con el suelo circundante. Con estas propiedades ya determinadas es posible realizar un análisis estructural más detallado sobre el comportamiento sísmico de la

edificación, ya que se hace un análisis basado en propiedades reales medidas. Es casi como colocarle un “estetoscopio” a la edificación (Ortega, 2011).

2.3.3. Riesgo Sísmico

Estévez y Laffaille (1994) lo definen, como las probabilidades de que en un lugar y tiempo determinado se produzcan daños y pérdidas materiales como consecuencia de un sismo. Estas posibles pérdidas se pueden estimar en unidades monetarias, número de víctimas o cantidad de estructuras dañadas. La estimación del riesgo se hace de acuerdo con las características tanto del conjunto de edificaciones y elementos expuestos (grado de vulnerabilidad) como del sismo (amenaza sísmica) durante un tiempo y lugar determinado. El riesgo es por lo tanto función de la vulnerabilidad de los elementos expuestos y de la amenaza sísmica.

$$R = f(a;v) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

R= Riesgo

a= Amenaza

v= Vulnerabilidad

Como cualquier riesgo socio natural, el riesgo sísmico se caracteriza por la asociación de un evento natural y de su impacto sobre una población. El evento natural se denomina amenaza. La ocurrencia probable de un fenómeno (en este caso el sismo) se concibe con relación a un espacio, en un tiempo determinado y con una intensidad dada (Dauphiné 2000).

Para el sismo se diferencian la magnitud y la energía liberada por un lado, y la intensidad por otro lado, o sea, la cantidad de daños causados. Las consecuencias de la amenaza son relativas al conjunto de objetos o sujetos (bienes, construcciones, población, patrimonio de interés social) susceptibles de ser afectados. Ese grado de exposición corresponde a la vulnerabilidad. Entonces, el riesgo es la combinación compleja de la amenaza y de la vulnerabilidad con toda su dimensión potencial. Como el objetivo del trabajo es la anticipación de la localización de los heridos, nos concentraremos en los impactos directos que puede padecer la población, elemento expuesto a la amenaza sísmica (Rebotier, 2006).

Para poder reducir el riesgo de daño de una estructura, la única manera es logrando reducir la vulnerabilidad. (Guevara 1998 citado por Quintero y Ussher, 2014), *“El grado de vulnerabilidad de una edificación puede ser reducido a través de las variables de diseño, es decir, produciendo soluciones arquitectónicas sísmo resistentes”*.

Ortega (2011) afirma, que para reducir el riesgo sísmico existen básicamente dos alternativas:

i) Construir la edificación en una zona de baja peligrosidad sísmica. Esto es viable únicamente para las estructuras que aún no se han construido. Dicha solución puede llevarse a cabo mediante una planificación física y urbana adecuada, con ayuda de estudios de microzonificación.

ii) Reducir la vulnerabilidad de la estructura. En el caso de estructuras que se van a construir, la reducción puede realizarse mediante el mejoramiento de los códigos y por medio de una supervisión estricta de los procesos constructivos. La reducción de la vulnerabilidad sísmica de estructuras existentes puede efectuarse mediante el reforzamiento adecuado de las mismas, luego de que un profesional competente realice los estudios y recomendaciones pertinentes. En el caso de estructuras que representen alta peligrosidad, en que la medida anterior no arroje resultados satisfactorios o resulten antieconómicos, la edificación ha de ser demolida.

El riesgo se debe así a cuatro características: la amenaza, la probabilidad (con respecto al lugar y al momento de ocurrencia como también al impacto del fenómeno y a los factores coyunturales), la complejidad (ligada al sistema) y las pérdidas. En el caso de la ciudad de Mérida, ese riesgo de desastre en el contexto urbano es claro y permanente debido a que la urbe está emplazada en un espacio físico susceptible de eventos naturales del tipo sísmico, hidro-meteorológicos y de procesos geomorfológicos, sin descartar también la presencia de un equipamiento tecnológico que igualmente puede generar situaciones de desastres de origen antrópico. Es un escenario en el que, tal como lo afirma Lobo (2009) “las amenazas y las vulnerabilidades se multiplican y se combinan peligrosamente dando lugar a un incremento sustancial de los niveles de riesgo y a su materialización en múltiples desastres de distintas magnitud”.

2.3.4. La Gestión de Riesgo

Según como lo define la Ley de Gestión de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, (2009), es un proceso orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera consciente, concertada y planificada, entre los órganos y los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas. Se circunscribe a los riesgos de carácter socio-natural y tecnológicos, originados por la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales o accidentes tecnológicos potenciados por la acción humana que puedan generar daños sobre la población y la calidad del ambiente (Carreño, 2006).

Al hablar de Gestión de Riesgo es importante dilucidar acerca de otras conceptualizaciones tales como: evento adverso, prevención, medidas de mitigación y gestión de riesgos de desastres.

Evento adverso, el cual es la manifestación de un fenómeno natural, tecnológico o provocado por el hombre en términos de sus características, magnitud, ubicación y área de influencia. Los organismos públicos y privados, al igual que la comunidad en general deben poseer planes de preparación y prevención para el momento en que se presente un evento adverso. Entendiéndose por preparación el conjunto de medidas y acciones llevadas a efecto para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños, organizando oportuna y eficazmente la respuesta y la rehabilitación.

Mientras que la **prevención** es el conjunto de medidas cuyo objeto es impedir o evitar que eventos naturales o generados por la actividad humana causen daños, emergencias o desastres. Luego de suceder el evento adverso se debe implementar la “respuesta”, la cual se basa en ejecutar las acciones previstas en la etapa de preparación y que, en algunos casos, ya han sido antecedidas por actividades de alistamiento y movilización, motivadas por la declaración de diferentes estados de alerta. Corresponde a la reacción inmediata para la atención oportuna de la población.

Luego seguidamente se deben aplicar **medidas de mitigación** referidas a todas las acciones orientadas a disminuir el impacto de un evento generador de daños en la población y en la economía. Ya sean estas de “reconstrucción” a mediano y largo plazo para reparar el daño físico, social y económico, a un nivel de desarrollo que

asegure su sustentabilidad; o medidas de “rehabilitación” de los servicios básicos e inicio de la reparación del daño físico, social y económico como consecuencia de una emergencia o un desastre, las cuales son a corto plazo (Lavell y Mansilla, 2003).

Así mismo, se debe hacer referencia a la Gestión de Riesgos de Desastres y a las tendencias actuales para lograr la prevención de sucesos, que están dadas por la implementación de tecnologías novedosas que permitan brindar información oportuna para la toma de decisiones.

De acuerdo con Torres (2005), el riesgo de desastre y la debida atención a la gestión del mismo, es un sentir latente en Latinoamérica, indistintamente de las condiciones climáticas, poblacionales, políticas y culturales, a lo cual debe atenderse como una perspectiva local; ya que en la actualidad, el manejo de este tema va cobrando relevancia debido a las pérdidas económicas y humanas que los desastres han producido, elevando las condiciones de pobreza existentes en los países de la región. El mismo autor, indica además, que el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) resulta crucial y necesario en el análisis de todas las etapas o fases de ciclos de desastres, y que deben ser aplicados para generar mayores beneficios en la planificación del territorio, prevención y mitigación.

Vale la pena resaltar en este punto, la necesidad de que los SIG sean integrales e integrados de manera que sean efectivos y sostenibles en el tiempo y el espacio. Debiendo haber armonía entre los diferentes componentes del sistema, y orientar esfuerzos no sólo en el uso de las herramientas tecnológicas sino también, en asegurar la participación comunitaria, no sólo como fuente de información, sino en todas las fases de ejecución del mismo, así como los mecanismos que permitan la transferencia de la información.

Es esta consideración la que lleva a entender por qué García, Monnar, Zapata, Arango y López (2006), aseguran que los SIG constituyen actualmente, una herramienta poderosa para la recopilación, almacenamiento, actualización, análisis y visualización de la información concerniente a la evaluación y manejo de gestión de riesgos naturales, facilitando la toma de decisiones en caso de desastres, concretamente en su caso, en la ocurrencia de riesgos sísmicos, pero que puede ser aplicado para otros eventos como movimientos de remoción en masa e inundaciones. Los elementos básicos de cada fase se muestran en la Tabla 2.1 a sabiendas de que un enfoque integral de gestión del riesgo debe considerar tanto las medidas previas a un desastre como las posteriores al mismo.

Tabla 2.1. Elementos claves de la gestión del Riesgo

Fase anterior: prevención y reducción de riesgos				Fase recuperación	posterior:
<i>Identificación de riesgos</i>	<i>Mitigación y prevención</i>	<i>Transferencia de riesgos</i>	<i>Preparativos</i>	<i>Respuesta de emergencia</i>	<i>Rehabilitación y reconstrucción</i>
Evaluación de amenazas naturales (frecuencia, magnitud, localización)	Obras de mitigación estructural y no estructural	Seguro y reaseguro de infraestructura pública y bienes privados	Sistemas de monitoreo, alerta temprana y comunicaciones	Asistencia humanitaria	Restablecimiento de servicios e infraestructura crítica averiada
Evaluación de la vulnerabilidad (población y activos expuestos)	Ordenamiento territorial y códigos de construcción	Instrumentos de mercados financieros existentes (bonos para catástrofes, etc)	Refugios y planes de evacuación	Limpieza, reparaciones temporales y restablecimiento de servicios	Gestión macroeconómica y presupuestaria (estabilización, protección del gasto social)
Evaluación de riesgos (amenaza y vulnerabilidad)	Incentivos económicos para promover la adopción de medidas de mitigación	Desarrollo de nuevos instrumentos: fondos de valores de protección indexados según las condiciones meteorológicas, etc.	Planes de respuesta (compañías de servicios públicos); red de instituciones de respuesta a emergencias (locales y nacionales)	Evaluación de los daños.	Revitalización de sectores afectados (exportaciones, turismo, agricultura, etc.)
Vigilancia de las amenazas naturales y elaboración de pronósticos (SIG, cartografía y formulación de situaciones hipotéticas)	Educación, capacitación y concientización sobre riesgos y prevención	Descentralización, concesión o privatización de servicios públicos con reglamentación en materia de seguridad (energía, agua, transportes, etc.)	Fondos para calamidades (nacionales o locales); créditos de contingencia	Mobilización de recursos para la recuperación (públicos, multilaterales, seguros, etc.)	Incorporación de componentes de mitigación de desastres en actividades de reconstrucción
<p>Creación y fortalecimiento de sistemas nacionales de prevención y respuesta a los desastres: Estos sistemas forman una red integrada e intersectorial de instituciones que aborda todas las fases antedichas de reducción de riesgos y recuperación después de un desastre. Se necesita apoyo en las áreas de regulación y de planificación, incluyendo reforma de marcos jurídicos y normativos, mecanismos de coordinación, fortalecimiento de instituciones participantes, planes nacionales de acción, políticas de prevención y desarrollo institucional.</p>					

Fuente: Adaptado de BID (2000)

2.3.5. Microzonificación Sísmica

La microzonificación sísmica comprende un conjunto de estudios que permiten estimar las aceleraciones máximas probables ocasionadas por un sismo en la superficie del terreno, considerando condiciones particulares de la geología y geomorfología de ese sitio. Estas aceleraciones del movimiento del terreno, que también puede ser cuantificadas como una fracción de la aceleración de la gravedad, constituyen parámetros indispensables para el diseño de estructuras sismorresistentes y normalmente son expresadas mediante mapas que muestran zonas de igual aceleración (isoaceleraciones máximas probables) (Padrón, Mendes, Schmitz y Hernández, 2011).

Guevara (1996) afirma que, considerando la conformación geomorfológica del suelo, su geología y composición, la topografía del basamento y el relieve superficial, y bajo la hipótesis de que el hipocentro (lugar al interior de la corteza terrestre), donde se produce el movimiento telúrico y el epicentro del sismo (sitio geográfico), situado en la superficie, sobre el hipocentro se produzca con una determinada intensidad desde determinadas “áreas” o “fallas fuente”, es posible simular matemáticamente la propagación de ondas sísmicas en distintos medios geológicos, lo cual sirve de base para estimar las isoaceleraciones máximas probables del sismo en la superficie.

Guerrero (1992) refiere, que en Venezuela actualmente, estas aceleraciones del movimiento del terreno son indicadas con fines de ingeniería para grandes regiones por la norma COVENIN 1756-98, actualizada en 2001. Los datos que se utilizan en estas normas no proviene de las características específicas de cada sitio, sino de las condiciones geológicas y de los registros sísmicos conocidos a nivel nacional, pudiendo existir grandes variaciones entre las aceleraciones propuestas en la norma versus las que en efecto pudieran registrarse en la realidad, con lo cual el diseño de estructuras sismorresistentes puede ser inapropiado en algunos casos. Adicionalmente a ello, la estructura urbana construida sobre el terreno y la existencia de líneas vitales pueden tener características particulares que las hagan más o menos susceptible a colapsar durante un sismo.

El uso de la tierra, la densidad poblacional y la localización de establecimientos clave para la atención y manejo de emergencias, constituyen variables a considerar en los estudios de riesgo asociados a la microzonificación sísmica, permitiendo establecer el grado de susceptibilidad de un área determinada como consecuencia de la amenaza sísmica

Para Guerrero (1992), las estimaciones de la amenaza sísmica aunada a la susceptibilidad de la estructura urbana edificada en la superficie, constituyen un dato básico para la planificación urbana, sobre todo en sitios de alta concentración de población y de amenaza sísmica ya conocida, como es el caso del Área Metropolitana de Mérida, toda vez que la regulación del uso e intensidad de ocupación del suelo en las ciudades debería tender a reducir su vulnerabilidad y a preparar a la población que habita en las áreas más amenazadas a prepararse para una futura contingencia. Los estudios de planificación urbana conducen posteriormente a las labores de control urbanístico que se llevan a cabo diariamente en las oficinas municipales de gestión urbana e ingeniería municipal. Para que exista una efectiva repercusión de los estudios de microzonificación sísmica, es indispensable entonces que sus resultados se plasmen en herramientas efectivas de planificación y control urbano.

2.3.6. Sensibilidad Ambiental

La Sensibilidad Ambiental se entiende como el potencial de afectación (transformación o cambio) que pueden sufrir los componentes ambientales como resultado de la alteración de los procesos físicos, bióticos y socioeconómicos debidos a las actividades de intervención antrópica del medio o debido a los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente. (Sandia y Henao, 2001).

Para Sandia y Henao (2001), la valoración de los grados de sensibilidad ambiental de un área se puede establecer a través de dos criterios básicos:

- La evaluación de la capacidad de respuesta que poseen los distintos componentes ambientales para aceptar la incidencia de las actividades humanas sin sufrir transformaciones o cambios. Tal es el caso de las zonas de fuerte pendiente en las cuales los procesos de erosión o de pérdida de suelos pueden acelerarse a través de las actuaciones humanas.
- De acuerdo a los niveles de susceptibilidad que pueden tener los componentes ambientales al desarrollo de procesos de desestabilización natural en los que no intervienen acciones antrópicas de manera directa. Por ejemplo, la sismicidad de un área tiene que ver con las características propias de la estructura geológica de la región y en la cual, la actuación humana está ausente.

Benítez (2007) reconoce, que la calificación de la sensibilidad ambiental de cada componente sobre unidades territoriales de análisis, genera áreas homogéneas de sensibilidad que tienen una expresión espacial, representada cartográficamente a través de los mapas de sensibilidad ambiental. La sensibilidad ambiental implica la definición de una escala de valoración, para indicar el grado de susceptibilidad del medio en relación con el agente generador de perturbaciones. Las clases en cuestión y las valoraciones asignadas, de acuerdo con una escala que indica más bien cualidad que cantidad, están enfocadas particularmente en las variables consideradas más relevantes. En ese sentido, la sensibilidad del espacio geográfico es determinada por la extensión, intensidad y frecuencia de procesos geomorfológicos activos que modelan el paisaje y por su potencial erosivo condicionado por las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y vegetacionales del medio, que propician el desarrollo de estos procesos para un determinado espacio y momento.

En este sentido, Sandia y Henao (2001) consideraron las siguientes clases de sensibilidad:

Sensibilidad Baja: se reconocen aquellos criterios cuyas condiciones originales toleran sin problemas las acciones del Proyecto, donde la recuperación, si bien no podría ocurrir en forma natural, puede darse con la aplicación de alguna medida relativamente sencilla.

Sensibilidad Media: se agrupan aquellos criterios donde existe un equilibrio ecológico o social frágil. Por lo que su recuperación y control exige, al momento de ejecutar un proyecto, la aplicación de medidas que involucran alguna complejidad.

Sensibilidad Alta: se destacan aquellos criterios donde los procesos de intervención modifican significativamente sus condiciones originales y donde es necesaria la aplicación de medidas complejas de tipos mitigantes.

Sensibilidad Muy alta: se destacan aquellos criterios donde los procesos de intervención modifican irreversiblemente sus condiciones originales y donde es necesaria la aplicación de medidas complejas de tipos compensatorias.

2.3.7. Sensibilidad Sísmica

Tomando en cuenta el concepto de Sensibilidad Ambiental previamente citado, se puede deducir como Sensibilidad Sísmica el potencial de afectación que pueden sufrir los componentes ambientales, principalmente la población y sus servicios vitales como resultado de un evento sísmico.

El objetivo del análisis de sensibilidad sísmica es el determinar la importancia relativa de las áreas a considerar como prioritarias en la Gestión Integral de Riesgos en función de la complejidad de sus factores: geodinámicos, de exposición, de fragilidad socioeconómica e institucionales; esto mediante el uso de indicadores tanto simples como sintéticos, susceptibles de ponderación, representación y análisis cartográfico.

Conforme al caso de estudio, esta sensibilidad vendría dada como:

$$Ss = f \sum k (g; e; fs; i) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

Ss= Sensibilidad sísmica

g= Factores geodinámicos (condicionados por la microzonificación sísmica, las fallas geológicas y los movimientos de masa)

e= Factores de exposición (condicionados por la densidad de población, ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza, índice de destrucción de viviendas, distribución de líneas vitales)

fs= Factor de fragilidad socioeconómica (condicionado por el poder adquisitivo de la población, representado en estratos o zonas sociales)

i= Factores institucionales (condicionados por la Capacidad de Anticipación, Respuesta y Recuperación ante el evento sísmico)

k= Peso de cada factor (la suma de todos los factores, debe ser igual a 1)

Los factores mencionados son necesarios para la evaluación de la sensibilidad sísmica, sin embargo su importancia relativa puede variar de una zona a otra y tener diferentes pesos. En este estudio, se establecieron criterios de ponderación en base a la información de base disponible y al criterio profesional. La utilización de esta técnica que considera la agrupación de datos reales podría mejorar enormemente la comprensión de las zonas potencialmente sensibles a un evento sísmico y al mismo

tiempo marcar pautas para nuevos procedimientos de zonificación del espacio urbano y la Gestión Municipal de Riesgos.

2.3.8. Índice Normalizado de Agravación de los Impactos del Sismo

Este índice representa la variable amenaza; se obtienen por sectores físicos diferentemente afectados por una intensidad homogénea, que pueden ser representados cartográficamente, donde se proyectan los daños a las construcciones, mediante una función elaborada en relación con la escala de daños MSK3, según la intensidad base escogida y el tipo de construcción (Laffaille, 1996).

Con las mediciones físicas de las cinco (5) variables que evalúan la amenaza en el modelo de Laffaille (1996), (la pendiente, la consolidación de los suelos y su composición, la profundidad de los sedimentos y la proximidad al talud) y una intensidad del sismo, el área de estudio se divide en sectores homogéneos de impacto de amenaza. En la configuración del modelo numérico los resultados de los cinco (5) cálculos varían entre 0 y 1 (0: agravación máxima provocada por las malas condiciones físicas locales y, 1: ninguna agravación de la intensidad base de grado VIII). Para una mejor coherencia, se normaliza cada resultado en función del valor óptimo posible (con las mejores condiciones físicas) obtenido para cada una de las cinco ecuaciones. Es de notar que la intensidad base puede ser lo suficientemente importante para obtener, inclusive en el caso de condiciones físicas óptimas, un resultado inferior a 1 y, en aquel caso, normalizar sobre la base de un valor óptimo inferior a 1. Para hallar el comportamiento promedio de cada sector, se obtiene el valor promedio de los cinco índices normalizados, luego se resta el índice promedio a 1 para obtener el índice normalizado de agravación de los efectos de sismo que oscila entre 0 y 1. 0: representa el mejor comportamiento físico para el sector considerado que no sufrirá agravaciones locales de la intensidad base, y 1: corresponde a la mayor influencia de las características físicas del sector en cuestión sobre los impactos del sismo.

2.3.9. Cercanías al talud

(Laffaille, y Ferrer, 2005) concluyeron que la amplificación de las ondas sísmicas en la cercanía de los bordes de taludes, ha sido documentada por diversos autores y ha sido comprobado experimentalmente en el caso de la meseta donde se ubica la ciudad de Mérida, mediante la comparación de los registros sismológicos obtenidos gracias a la instalación de estaciones en diferentes sectores de la terraza.

En efecto, en el año de 1984 se instaló una configuración de estaciones sísmográficas portátiles en diferentes sitios sobre el suelo de la meseta de Mérida, con la finalidad de poder comparar los registros de varios eventos sísmicos lejanos, para determinar la forma en que las condiciones del suelo de cada sitio modifican la señal sísmica. En particular, dos de esas estaciones estaban ubicadas muy cerca del borde de la meseta de Mérida (talud del río Chama), reportando amplitudes del orden de 4,7 de la amplitud de la estación de referencia en algunos valores de frecuencia. Este estudio fue realizado usando registros de sismos lejanos, para tratar de que no estuvieran afectados por efectos de la geología regional, de tal forma que no se dispone de información acerca de la amplificación que resultaría en el caso de tratarse de eventos locales.

2.3.10. Movimientos de Masa

Los movimientos de masa según como los define Varnes (1978), son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad. Para Ferrer (1980), un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo, bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material (Ferrer, 1980).

Ayala (2002) por su parte los define, como masas de terreno que se mueven por acción de la fuerza de la gravedad. Se aplica, en general, a movimientos rápidos del terreno, éstos suelen estar relacionados principalmente con sismos, aunque también pueden originarse por otras causas. La acción constante de la fuerza de gravedad y el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente por efecto de la meteorización física y química, hacen que los movimientos de masa sean muy abundantes a lo largo del registro geológico.

Varnes (1978), clasifica los movimientos de masa en base al tipo de material y tipo de movimiento, y los categoriza de la siguiente manera ver Tabla 2.2:

- Derrumbes: colapsos rápidos o extremadamente rápidos provenientes de zonas abruptas y que descienden en una caída libre a lo largo de una superficie que no presenta ningún plano de corte específico.

- Desprendimientos: masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo.

- Deslizamientos: todos los movimientos de deformación por corte y desplazamiento a los largo de una o varias superficies que son visibles o pueden ser inferidas.

- Movimiento translacional: se da cuando la superficie de ruptura es más o menos plana o suavemente ondulante y la masa se mueve paralela a la superficie del terreno.

Esparcimiento lateral: movimiento de extensión lateral acompañado por fracturamiento cortante o tensional.

- Flujos: masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura.

Tabla 2.2. Clasificación de movimientos de masa

Tipo de movimiento	Tipo de material		
	Roca	Suelo: detritus	Suelo: tierra
Derrumbes	Derrumbes de roca	Derrumbes de Detritus	Derrumbes de tierra
Desprendimientos	Desprendimientos de roca	Desprendimientos de detritus	Desprendimientos de tierra
Deslizamientos Rotacionales Traslacionales	Deslizamientos de bloques rocosos Desplome de roca Alud de roca	Deslizamientos de detritus en bloque Desplome de Detritus Alud de detritus	Deslizamientos de Tierra en bloques Desplome de Tierra Alud de Tierra
Extensión ó Esparcimiento Lateral	Esparcimiento de rocas	Esparcimiento de detritus	Esparcimiento de tierra
Flujos	Flujo de rocas	Flujo de Detritus	Flujo de Tierra
Complejos	Combinación de dos o más de ellos		

Fuente: Varnes (1978)

2.3.11. Líneas Vitales

Gajardo (2001) las definen, como el conjunto de sistemas y servicios que son fundamentales para el funcionamiento de la sociedad, como las redes de agua potable, cloacas, de gas, eléctricas, telecomunicaciones, sistemas de transporte, etc. Las instalaciones críticas son aquellas que adquieren primordial importancia en los casos de desastres, como son los hospitales, clínicas, bomberos, aeropuertos, Defensa Civil, Policía, Ejército, estaciones de radio y televisión, etc. También se pueden considerarse dentro de esta categoría, las instalaciones educativas y deportivas, por la gran concentración de personas que podrían estar concentradas allí en el momento de un terremoto y, por otra parte, estas mismas instalaciones, si no han sufrido daños apreciables, pueden servir de refugios de emergencia. Por la complejidad que cada día va adquiriendo la sociedad, también pueden incluirse los sistemas bancarios y su red de telecomunicaciones.

Durante un terremoto, las fallas de líneas vitales no son causantes directas de pérdidas de vidas, pero su impacto puede llegar a ser catastrófico, como consecuencias indirectas, como son: a) interrupción del servicio del sistema utilitario; b) pérdidas económicas directas e indirectas; c) suspensión de labores; d) imposibilidad de uso en caso de desastres secundarios, como incendios, hambruna y epidemias; y e) fallas de tal magnitud que, en sí misma, representen una amenaza para la vida y la propiedad.

La tendencia actual de la ingeniería sismorresistente es establecer, inicialmente, los niveles tolerables de riesgo para cada instalación. En el caso de las líneas o sistemas vitales y críticos, estos valores de riesgo tolerable serán, necesariamente, más bajos que los del resto de las instalaciones comunes (Gajardo, 2001).

Una característica que tiende a hacer más complejo el análisis de las líneas vitales es su interdependencia recíproca y fragilidad del sistema global, especialmente en situaciones de emergencia. Una falla en el flujo de los combustibles líquidos o gaseosos puede traer como consecuencia un corte de la energía eléctrica, que derive en una falta de agua y paralización de gran parte de los sistemas de transportes y de telecomunicaciones. Es decir, es muy probable que se presenten fenómenos estrechamente encadenados entre sí o lo que se ha llamado el efecto "dominó" (Gajardo, 2001).

- **Sistema de Agua Potable.**

El servicio de abastecimiento de agua en una ciudad, tiene entre sus funciones construir, operar y mantener los acueductos urbanos y rurales. Proporciona el servicio al 96% del total de viviendas localizadas en Mérida, es decir, 34.196 viviendas se abastecen de agua a través del acueducto urbano, mientras que el 4% por camión, tanque u otros medios. Una red de agua potable con diseño redundante y con diferentes vías alternas constituye una necesidad en zonas de alta sismicidad, lo que debe ser acompañado con un continuo y adecuado mantenimiento. El sistema de red de agua potable está dividido en dos subsistemas generales: el sistema principal de acueductos de la ciudad, que abarca desde la entrada norte de la ciudad de Mérida en el sitio conocido como la Vuelta de Lola, y recorre la ciudad a lo largo y ancho de su extensión hasta el sur de la misma, en el sector denominado Zumba; y el sistema de acueductos de La Pedregosa, que funciona y opera de manera independiente al sistema principal.

- **Sistema de Aguas Residuales.**

El sistema de aguas residuales está conformado por una red de colectores de las aguas negras que se extienden a lo largo de la terraza de Mérida, con una cobertura 93,51 % de la población total merideña, mientras que el 6,49% recurren a pozo séptico, excusado de hoyo o simplemente no tienen. En la actualidad se está construyendo un colector marginal denominado Albarregas, donde descargan las aguas residuales. (Camargo y Guerrero, 1997).

- **Sistema Vial.**

El sistema vial está conformado por una red de avenidas, calles y puentes que conforman un patrón urbano cuadriculado, compuesto por 8 avenidas y 48 calles aproximadamente, cuyo desarrollo se encuentra limitado en el sentido este - oeste por el talud de las terrazas de los ríos. Albarregas y Chama donde se encuentra ubicada la ciudad. El casco central es donde predomina la trama cuadricular con un desarrollo compacto, que ha perdurado a pesar del crecimiento posterior al período colonial.

Se caracteriza por la presencia de actividades comerciales y de servicios que se extienden a lo largo de las principales avenidas, jerarquizadas como vías de tipo colectoras y de enlace, con características morfológicas similares (Escalante y

Palmar, 1978, en Guerrero, 1992). Este sector es el área de mayor accesibilidad de la ciudad: hacia éste convergen la gran mayoría de las rutas intraurbanas.

Al mismo tiempo este sector se comporta como un nodo regional, puesto que en éste se localiza la mayoría de las líneas de transporte automotor interurbano que conecta a Mérida con ciudades y pueblos vecinos y otras regiones del país, mediante el uso del terminal sur de pasajeros (Amaya, 1989). Hacia el norte y sur del casco central se localizan avenidas que conectan a la ciudad de Mérida con los centros poblados adyacentes a la ciudad, como son Tabay, Mucurubá, Mucuchíes, entre otros, atravesando los páramos de Mérida, a través de la carretera interestadal La Trasadina y Lagunillas, Tovar, El Vigía por la Panamericana.

- **Sistemas de energía eléctrica y telecomunicaciones**

Dentro de estos sistemas se incluyen las: redes de transmisión y distribución, plantas generadoras, subestaciones y transformadores. En el caso de las plantas generadoras, podrían incluirse las represas para instalaciones hidroeléctricas, pero por su gran magnitud usual, es preferible estudiarlas como entes separados. (Márquez, 2009).

- **Sistema de Almacenamiento de Gas combustible.**

La gasolina es un destilado inflamable, dentro de la clasificación de los líquidos inflamables. Esta característica permite establecer que en el área donde se maneja o se almacena esta sustancia pueden ocurrir incendios y/o explosivos. El incendio podría producirse como consecuencia de la formación de vapores en la superficie del terreno donde se encuentra el tanque subterráneo, debido a una fuga continua de la gasolina desde estos, o bien por derrames ocasionados por un manejo inadecuado durante las operaciones de llenado en la gasolina. La Gaceta Oficial N° 5.890 según una resolución del Ministerio del Poder Popular de Energía y Petróleo dictó las normas para la regulación del mercado interno de los productos refinados derivados de hidrocarburos, lo cual comprende el suministro, transporte, almacenamiento, distribución y expendio de los mismos. Estableciendo que las personas naturales o jurídicas, que reciban el permiso para el manejo de las estaciones de servicio, "deben operarlas con eficiencia, calidad, seguridad y en apego a las leyes, resoluciones y normas".

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo se enfocó en la formulación de un procedimiento para determinar zonas de sensibilidad sísmica, a través de la superposición cartográfica de factores geodinámicos, de exposición, de fragilidad socioeconómica e institucionales y tomando como área de estudio la ciudad de Mérida, a fin de contribuir a la ordenación y desarrollo urbano sobre la base de la gestión de riesgos.

El procedimiento metodológico de la investigación se conformó en cinco (5) fases o etapas de trabajo:

- **Fase I:** Planteamiento del Problema
- **Fase II:** Definición y Diagnóstico del Área de Estudio
- **Fase III:** Análisis Cartográfico para la Identificación de Zonas de Sensibilidad Sísmica.
- **Fase IV:** Formulación de Lineamientos para la Gestión de Riesgo en Zonas de Sensibilidad Sísmica en el municipio Libertador del estado Mérida.
- **Fase V:** Conclusiones y Recomendaciones

Es importante recalcar, que cada una de las fases señaladas presenta un conjunto de actividades específicas de carácter técnico que se interrelacionan entre sí. El producto del desarrollo de esta metodología y las herramientas técnicas que la conforman permiten finalmente presentar como resultado una serie de procedimientos para la gestión de riesgos en zonas de sensibilidad sísmica en el área metropolitana de Mérida.

A continuación en la Figura 3.1 se presenta el esquema metodológico del trabajo de investigación haciéndose posteriormente la descripción de cada una de las fases con sus actividades específicas:

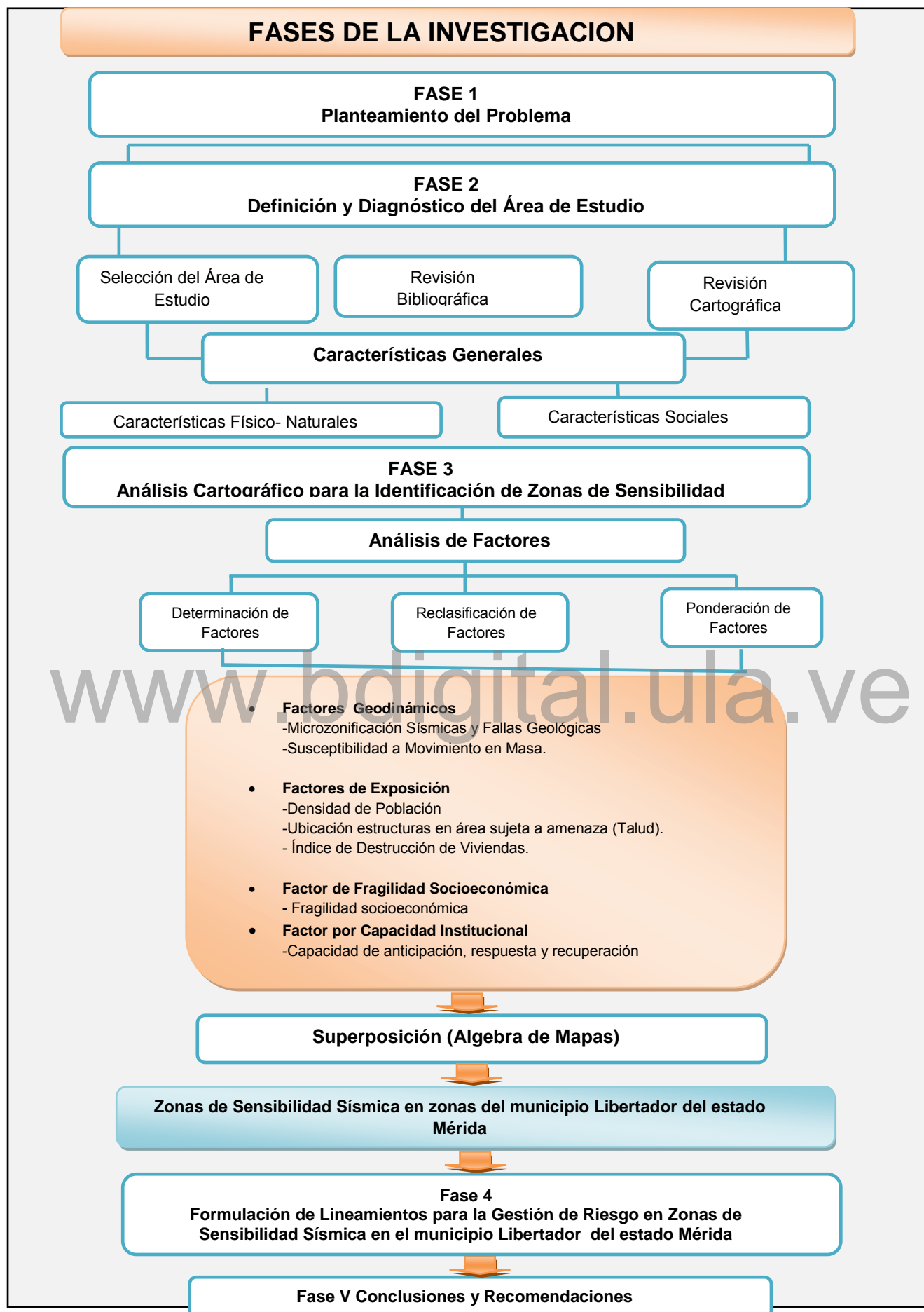


Figura 3.1. Esquema metodológico del trabajo de investigación.

3.1. Fase I: Planteamiento del Problema

Definida la línea de investigación, se procedió a realizar el planteamiento y formulación de problema, la justificación de la investigación, así como los objetivos que ella persigue y los alcances de la misma. Determinados estos, se construyó el marco teórico que fundamenta la investigación.

3.2. Fase II: Definición y diagnóstico del área de estudio

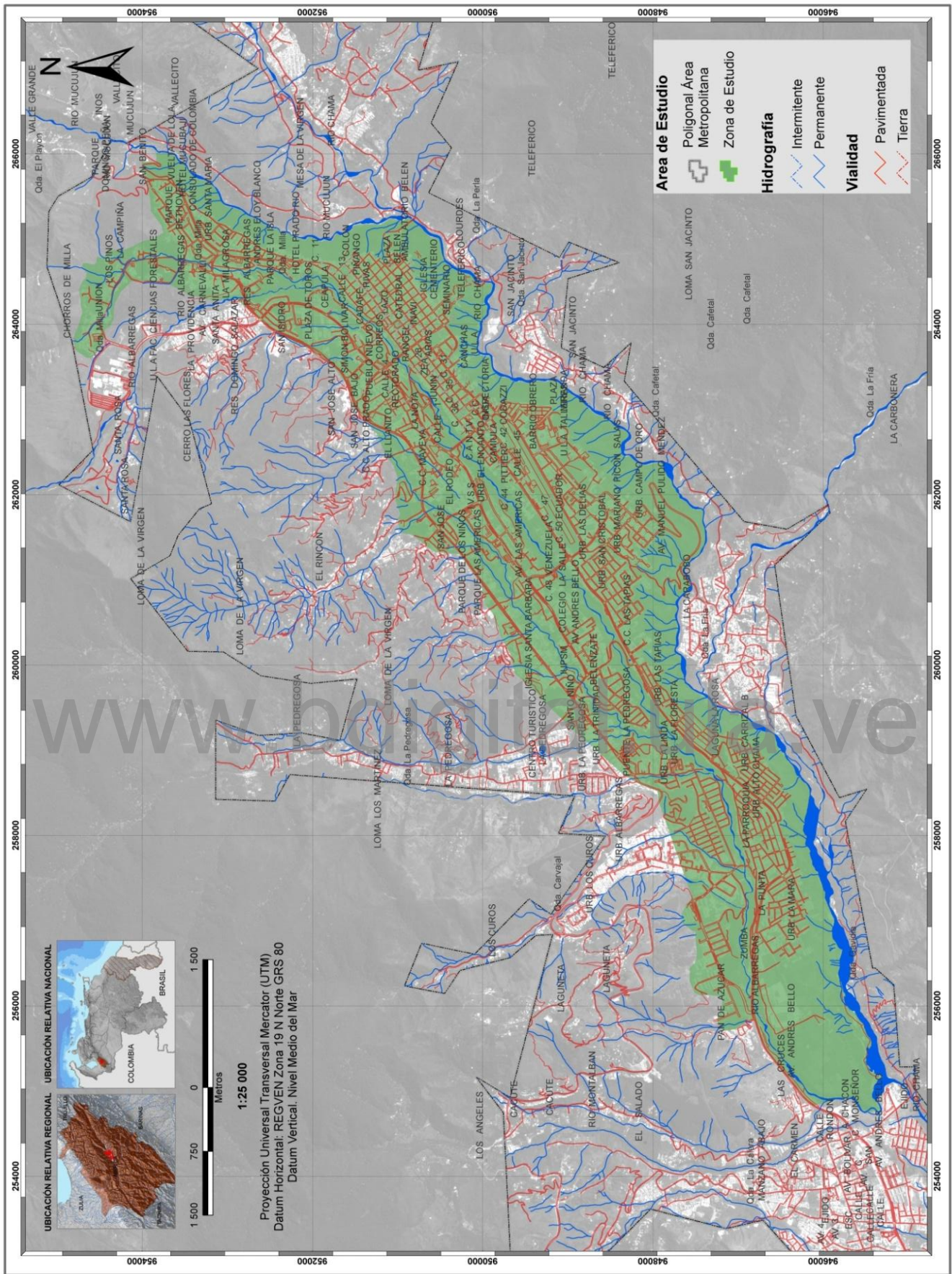
Esta fase inicial de la investigación estuvo compuesta por la selección y reconocimiento del área de estudio, la revisión del material bibliográfico y cartográfico, así como la revisión y elaboración de mapas base y temáticos. El área sujeta a análisis (Figura 3.2) se encuentra enclavada dentro de la porción central de la cuenca hidrográfica del río Chama, en la región Metropolitana de Mérida, abarcando una superficie de 2.412 ha (24,12 km²), que representa un 37,64 % de la zona metropolitana del municipio Libertador, del estado Mérida y se corresponde a la zona cubierta por los estudios de Lafaille (1996) y Rebotier (2005) sobre los elementos físicos que determinan el índice de agravabilidad sísmica en la terraza de Mérida tales como la pendiente, la consolidación de los suelos y su composición, la profundidad de los sedimentos y la proximidad al talud.

3.2.1 Definición del Área de estudio

La delimitación de la poligonal del área de estudio, fue objeto de trabajo que dependió de la disponibilidad de información (previa) de los factores seleccionados para la estimación de la sensibilidad sísmica. En este sentido, sobre la base del material consultado, aquellas áreas dentro del municipio Libertador que no contaran con los estudios de geodinámicas necesarias para los análisis de la presente investigación, fueron excluidas.

3.2.2. Diagnóstico del área de estudio

La información a recopilar se fundamentó en trabajos previamente realizados sobre el municipio Libertador, referentes al estudio de características o variables geológicas y sociales que condicionan la sensibilidad sísmica, así como los aspectos institucionales para la gestión de riesgos. En tal sentido se describieron:



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.2. Área de Estudio.

- **Geología y litología:** para su descripción se consideraron tanto investigaciones ejecutadas por Astorga (2011), Rojas y Molina (2010), Navas (2009), Rengifo, Aranguren y Laffaille (2006), Ferrer (1998) y Cabello (1969) como las reseñas del Léxico Estratigráfico de Venezuela (1996).
- **Factores geodinámicos:** constituidos por el análisis de:
 - **Microzonificación sísmica y fallas geológicas**, esta información fue tomada del trabajo de investigación de la “Cartografía de las fallas activas en el área Metropolitana de Mérida con fines de Microzonificación Sísmica; (Alvarado, Miguel, Aranguren, Reina, Audemard, Franck y Laffaille, Jaime, 2016).
 - **Susceptibilidad a los movimientos de masa**, a través de un estudio de línea base correspondiente a la zonificación de la susceptibilidad a movimientos de masa para la terraza de Mérida ejecutado por Ramírez (2010).
- **Factores de exposición:** representados en este caso por:
 - **Densidad de población**, considerada como la relación entre el número de individuos que habitan en un territorio y la extensión de éste, la información se presenta de acuerdo a la disponible en el Plan de Ordenación Urbanística de Mérida (POU, 1999).
 - **Ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza**, se consideró el trazado del talud en el estudio de Ramírez (2010), para inferir que en estas zonas (clasificadas como taludes) se tendría una amplificación de las ondas sísmicas. Se resalta que en el POU (1999) se categorizan como muy escarpados aquellos con pendientes $> 50\%$ y escarpados aquellos con pendientes entre 25 -50%.
 - **Índice de Destrucción de Viviendas**, El modelo numérico de Laffaille (1996) propone una ecuación que estima la vulnerabilidad física para cada tipo de construcción. Los resultados varían entre 0 y 1 (0: destrucción total y 1: ningún daño) y son, en cada sector del área de estudio, ponderados por las proporciones de los diferentes tipos de edificios. Sentando así la base para establecer los sectores más propensos a sufrir daños por un evento sísmico.

- **Líneas Vitales**, se plasmaron el trazado y ubicación de cada línea vital considerando tanto la información cartográfica de otras investigaciones ejecutadas en el área, así como el procesamiento de una Imagen Pancromática SPOT de 2,5 m de resolución del año 2010.
- **Factores de Fragilidad Socioeconómica:** El riesgo desde la perspectiva de los desastres está definido como una construcción social donde la vulnerabilidad es la variable más determinante, así lo demostraron estudios de eventos desastrosos que han ocurrido en distintas regiones del planeta, o que ha llevado a dar mayor preponderancia a la noción que los desastres están asociados a actividades humanas que aumentan la magnitud de las consecuencias (García, 2005). Determinada por estos elementos indican cuán sensible puede ser una población referencia, respecto a evento sísmico, considerando el estrato socioeconómico mediante la categorización por su nivel de ingreso y zonificación de sectores. En este sentido, se considero la diferenciación de sectores ejecutada por la Alcaldía del municipio Libertador en la “Ordenanza de Reforma Parcial de la Ordenanza de Adecuación del Servicio de Aseo Urbano y Domiciliario del municipio Libertador del estado Bolivariano de Mérida” en Gaceta Oficial Municipal Extraordinaria N° 06 Año 2018.
- **Factores por Capacidad Institucional:** configurados (a efectos de esta investigación) por un indicador sintético que expresa la capacidad de anticipación, respuesta y recuperación de los organismos de respuesta y atención inmediata responsables de la gestión de riesgos en el municipio Libertador. El abordaje institucional ha sido un tema de gran interés pero no de mucho abordaje al momento de revisar los resultados de los estudios de riesgos, quizás una de las razones es por la complejidad que ella implica y la falta de información para manejarla. La institución es una dimensión que puede presentar vulnerabilidad y que se pudiera denotar en la forma como está organizado el Estado y su expresión en la gestión de riesgos y la atención de emergencias.

3.3. Fase III: Análisis Cartográfico para la Identificación de Zonas de Sensibilidad Sísmica

Las descripción de los aspectos ya nombrados en el diagnóstico fue complementada con su respectiva representación espacial a través de la generación de mapas temáticos, cuyo material cartográfico se representó en Proyección Mercator

Transversal (UTM), Datum Horizontal: REGVEN Zona 19 Norte GRS 80 y Datum Vertical: Nivel Medio del Mar, a escala 1:25.000.

Ya caracterizada el área de estudio, se procedió al análisis cartográfico para la identificación de zonas de sensibilidad sísmica, a objeto de diagnosticar los sectores con mayores requerimientos de atención y acciones prioritarias para la gestión de riesgos (Tabla 3.1).

3.3.1. Selección y reclasificación de los factores

Para la consecución de los resultados se ejecutó en primer lugar la selección y reclasificación (a juicio de experto) de los factores que condicionan la sensibilidad sísmica, en unidades (valores) de sensibilidad, tal como se muestra en la Tabla 3.2.

Tal como se muestra en la Tabla 3.2, el análisis de Sensibilidad por Líneas Vitales consideró cuatro (4) subcriterios: i) sensibilidad del sistema de acueductos, ii) sensibilidad por tipo de vía, iii) sensibilidad por cercanías a sitios de almacenamiento de gas combustible, y iv) sensibilidad por proximidad a líneas de alta tensión. Por tanto, se hizo necesario la formulación de un procedimiento particular para la obtención de este mapa y así poder aplicar los juicios de reclasificación correspondientes a este factor. El proceso metodológico para su obtención se muestra en la Figura 3.3.

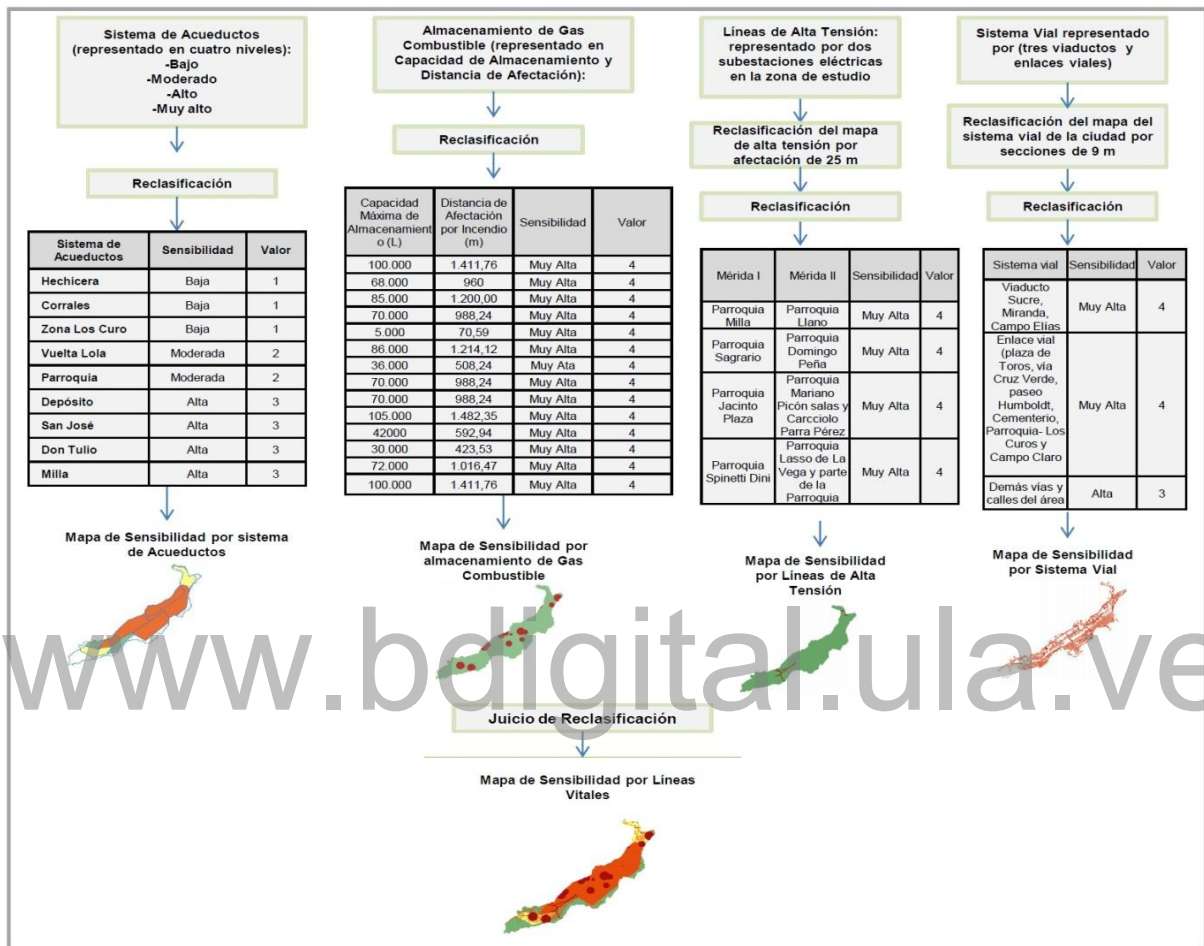
Del mismo modo para la obtención de la sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación se procedió a seleccionar a juicio de experto los criterios que la definirían (Tabla 3.3).

Para el análisis de criterios que integran este factor se consideró como instrumento referencial el marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres (2015-2030), que tiene como objetivo dar mayor impulso a la labor mundial en la relación con el Marco Internacional de Acción del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, la preparación para casos de desastre y la mitigación, objetivo centrado en evitar que se produzcan nuevos riesgos, para reforzar la resiliencia, así como un conjunto de principios rectores, incluida la responsabilidad primordial de los Estados de prevenir y reducir el riesgo de desastres, y la participación de toda la sociedad y todas las instituciones del Estado (UNISDR, 2015).

Tabla 3.1. Análisis de Sensibilidad Sísmica.

Baja (Valor = 1)	Moderada (Valor = 2)	Alta (Valor = 3)	Muy Alta (Valor = 4)
<p>Áreas que poseen mayor capacidad de amortiguación ante los eventos sísmicos que se presenten, al estar ubicadas en áreas con buen comportamiento físico, no cercanas a fallas, en terrenos de pendiente suave, con infraestructuras que respetan las normas de construcción, donde el potencial de daños al sistema de agua potable se considera bajo. Zonas con densidades de población de 50 - 100 hab/km² con buen poder adquisitivo que infiere un alto nivel educativo. En donde además las instituciones del Estado presentan una capacidad óptima para la gestión integral de riesgos. Se consideran entonces zonas con baja necesidad de atención.</p>	<p>Áreas con posibilidades de daños menores ante los eventos sísmicos. Presentan velocidades entre 350m/s y 650 m/s con espesores de 0 m y 60 m, donde la geodinámica está catalogada de mediano impacto, con índice de destrucción de viviendas y potencial de afectación al sistema de agua potable es moderado, con población de 100 hab/ km² y mediano poder adquisitivo, con infraestructuras que respetan las normas de construcción. Se catalogan entonces zonas con moderada necesidad de atención.</p>	<p>Áreas con posibilidades de daños significativos ante los eventos sísmicos. Presentan velocidades entre 350 m/s y 650 m/s con profundidades mayor a 60 m, próximas a fallas sin actividad en sectores condicionados por el comportamiento geotécnico con en pendientes altas y moderadas, donde las variables físicas ejercen un fuerte condicionante para la destrucción de viviendas, y son sectores con alta sensibilidad de afectación al sistema de agua potable, atravesados por con avenidas y calles principales y secundarias, con población entre 150 - 250 hab/ km² de poco poder adquisitivo e infraestructuras sin respeto a normativas constructivas. Se consideran entonces zonas con alta necesidad de atención.</p>	<p>Áreas con posibilidades de daños mayores ante los eventos sísmicos. Presentan velocidades igual 0 mayor a 650 m/s y con espesores entre 0 y 60 m, próximas a fallas con actividad, en sectores ubicados sobre los taludes considerados como escarpados y muy escarpados, con mayores proyecciones de daños en construcciones, población mayor 300 hab/ km² posiblemente de bajos recursos, e infraestructuras sin ninguna normativa constructiva, cercanos a líneas de alta tensión o viaductos o enlaces viales, el sistema de agua potable presenta alta sensibilidad de afectación y donde la capacidad de las instituciones del Estado para la gestión integral de riesgos se considera inadecuada. Se catalogan entonces zonas con muy alta necesidad de atención.</p>

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.3. Proceso metodológico para la obtención del mapa de Sensibilidad por Líneas Vitales.

Tabla 3.2. Tabla de Juicios de Reclasificación de los Factores de Sensibilidad Sísmica

	CRITERIO	JUICIO DE RECLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD			
			BAJA (Valor = 1)	MODERADA (Valor = 2)	ALTA (Valor = 3)	MUY ALTA (Valor = 4)
FACTORES GEODINÁMICOS	Sensibilidad por zonas y fallas Geológicas	Valores de espesores de sedimento obtenidos por la gravimetría y velocidades de onda Vs30, se consideran relevantes para el estudio de la vulnerabilidad de los elementos expuestos y de la amenaza sísmica, incluyendo las fallas activas y no activas de la zona estudio.	No Aplica	Zona 1-1 representa la zona con velocidades entre 350m/s y 650 m/s con espesores de 0 m y 60 m.	Zona 1-2 se refiere a la zona con velocidades entre 350 m/s y 650 m/s con profundidades mayor a 60 m. Zonas próximas a fallas sin actividad.	Zona 2-1 velocidades igual 0 mayor a 650 m/s y con espesores entre 0 y 60 m. Zonas próximas a fallas con actividad.
	Sensibilidad por movimiento de masa	Las pendientes y el componente estructural en el área de estudio representado por las fallas, son responsables del gran número de procesos gravitacionales.	El mejor comportamiento físico para el sector que no sufrirá ninguna alteración en el medio receptor.	Son aquellos sectores donde la geodinámica está catalogada de mediano impacto que presentan condiciones de pendientes moderadas.	Sectores condicionados por el comportamiento geotécnico con (alto grado de fracturación y meteorización) en pendientes altas y moderadas, cercanas a cuerpos de agua.	Corresponden a aquellos sectores que poseen condiciones geotécnicas con pendientes altas y muy altas.
Factores de Exposición	Sensibilidad por densidad de población	Entre mayor sea relación entre el número de individuos que habitan en un territorio y la extensión de éste, se incrementa la afectación a la hora de un evento sísmico.	De 50 a 100 hab/km ² Áreas protegidas y de Uso Restringido	De 100 hab/ km ² Áreas especiales, Instalaciones Industriales e Instituciones Educativas	De 150 - 250 hab/ km ²	De 300 - 350 hab/ km ² Áreas Médico – Asistenciales
	Sensibilidad por ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza	Gran parte de la ciudad se encuentra asentada sobre las terrazas aluviales adyacentes al río Chama y al río Albarregas.	Asentamientos sobre las terrazas (sitios planos de origen aluvial con una pendiente suave de 5 a 10%, y uniforme de suelo.	No aplica	No aplica	Asentamientos ubicados sobre los taludes considerados como escarpados (pendientes entre 25 -50%) y muy escarpados (pendientes >50%) de las terrazas cuya morfología rectilínea se atribuye al control establecido por la falla.

Tabla 3.2. Tabla de Juicios de Reclasificación de los Factores de Sensibilidad Sísmica (continuación)

	CRITERIO	JUICIO DE RECLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD			
			BAJA (Valor = 1)	MODERADA (Valor (valor = 2)	ALTA (Valor = 3)	MUY ALTA (Valor = 4)
Factores de Exposición	Sensibilidad por índice de destrucción de viviendas	Sectores diferentemente afectados por una intensidad homogénea, donde se proyectan los daños a las construcciones, mediante una función elaborada en relación con la escala de daños, según la intensidad base escogida y el tipo de construcción.	El mejor comportamiento físico para el sector considerado que no sufrirá modificaciones en las variables físicas.	Puede sufrir consecuencias de moderado impacto.	Las variables físicas ejercen un fuerte condicionante generando altos impactos.	Corresponde a la mayor influencia de las características físicas del sector en cuestión sobre los impactos del sismo.
	Sensibilidad por líneas vitales	Identifica los sectores con mayor afectación debido a la presencia del sistema de acueductos, almacenamiento de gas combustibles, líneas de alta tensión y vías de acceso principales.	Áreas donde el sistema de agua potable presenta baja sensibilidad a un sismo de grado VIII	Áreas donde el sistema de agua potable presenta moderada sensibilidad a un sismo de grado VIII	Áreas donde el sistema de agua potable presenta alta sensibilidad a un sismo de grado VIII. Sectores atravesados por avenidas y calles principales y secundarias	Áreas donde el sistema de agua potable presenta alta sensibilidad a un sismo de grado VIII. Sectores atravesados por viaductos y enlaces Viales con afectación y repercusión térmica de estaciones de servicio y próximas al sistema de alta tensión.
Factores de fragilidad socio-económica	Sensibilidad por fragilidad socioeconómica	Los estratos sociales son el producto de la acumulación de riesgos y de vulnerabilidades, relacionados y derivados del tipo de sociedad e infraestructura que se han ido desarrollando con el paso del tiempo	Estratos sociales con buen poder adquisitivo, infraestructuras que cumplen normativas de construcción.	Estratos sociales de mediano poder adquisitivo e infraestructuras que cumplen normativas de construcción.	Estratos sociales con poco poder adquisitivo e infraestructuras sin ninguna normativa constructiva.	Estratos social de muy bajos recursos inmersos en lugares no actos con infraestructuras sin ninguna normativa constructiva.
Factores institucionales	Sensibilidad por capacidad anticipación, respuesta y recuperación	Es la capacidad de respuesta ante la población que incluyen los niveles de articulación y coordinación de los organismos e instituciones de atención primaria o de emergencia.	Capacidad óptima de las instituciones del Estado para atender una situación de emergencia ante la ocurrencia de un evento no deseado de origen natural o socio-natural.	Capacidad buena de las instituciones del Estado para atender una situación de emergencia ante la ocurrencia de un evento no deseado de origen natural o socio-natural.	Capacidad baja de las instituciones del Estado para atender una situación de emergencia ante la ocurrencia de un evento no deseado de origen natural o socio-natural.	Capacidad inadecuada de las instituciones del Estado para atender una situación de emergencia ante la ocurrencia de un evento no deseado de origen natural o socio-natural.

Tabla 3.3. Matriz de reclasificación de los criterios de sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación.

CRITERIOS	JUICIO DE RECLASIFICACION	CAPACIDAD INSTITUCIONAL / SENSIBILIDAD			
		EXELENTE BAJA (Valor = 1)	BUENO MODERADA (Valor = 2)	REGULAR ALTA (Valor = 3)	INSUFICIENTE MUY ALTA (Valor = 4)
Ordenamiento Urbano con respecto a la microzonificación sísmica	La ciudad cuenta con planes de ordenación urbana que consideren el tema sobre riesgos socio-naturales para la asignación del uso del territorio.	Se cuentan con planes de ordenación urbanística del territorio que considere el análisis integral de riesgos socio-naturales (incluido obligatoriamente los sísmicos) como elemento restrictivo para el desarrollo de las actividades.	Se cuentan con planes de ordenación urbanística del territorio que considere el análisis de algunos riesgos socio-naturales como elemento restrictivo para el desarrollo de las actividades.	Se cuentan con planes de ordenación urbanística del territorio que no considera el análisis de riesgos socio-naturales como elemento restrictivo para el desarrollo de las actividades.	No se cuenta con planes de ordenación urbanística
Políticas Públicas para la gestión de riesgos	Dependerá de las instituciones ejecutivas y legislativas del estado a nivel nacional y local, articulada con la responsabilidad de actores públicos y privados incluyendo al sector académico para asegurar la comunicación mutua.	El Estado asigna recursos suficientes y promueve incentivos a los diferentes entes de acción para poner en práctica de manera coordinada políticas, planes y programas de reducción del riesgo de desastres.	El Estado asigna recursos suficientes y promueve incentivos a los diferentes entes de acción para poner en práctica (aunque no de manera coordinada) políticas, planes y programas de reducción del riesgo de desastres.	El Estado asigna recursos insuficientes sin promoción de incentivos a los diferentes entes de acción para poner en práctica políticas, planes y programas de reducción del riesgo de desastres.	El Estado no asigna recursos ni promueve incentivos a los diferentes entes de acción para poner en práctica políticas, planes y programas de reducción del riesgo de desastres.
Capacidad Médico Asistencial	Se consideran dentro de la gestión del riesgo de desastres sistemas sanitarios nacionales en la atención primaria, secundaria y terciaria de la salud, especialmente a nivel local, involucrando la capacidad de los trabajadores de la salud para comprender el riesgo de desastres y aplicar enfoques para la labor médica.	Se cumple el mejor escenario en la capacidad de asistencia médica en caso de un evento natural a toda la población	Cumple con los requisitos primordiales para la atención asistencial a la mitad de la población estimado de esta manera 1000 habitantes x 14 camas /área de población	Poseen escasa instalaciones médicas y poco personal asistencial por la atención de 1000 habitantes x 2 profesionales de salud /área de población	No cumple con los sistemas de atención médica y se evidencia falta de equipamiento.

Tabla 3.3. Matriz de reclasificación de los criterios de sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación (continuación)

CRITERIOS	JUICIO DE RECLASIFICACION	CAPACIDAD INSTITUCIONAL / SENSIBILIDAD			
		EXELENTE BAJA (Valor = 1)	BUENO MODERADA (Valor = 2)	REGULAR ALTA (Valor = 3)	INSUFICIENTE MUY ALTA (Valor = 4)
Organismos de Atención y Respuesta Inmediata	La sociedad civil, los voluntarios, y las organizaciones comunitarias deben participar, en colaboración con las instituciones públicas, para, proporcionar conocimientos en el contexto de la elaboración y aplicación de marcos normativos, y planes para reducir el riesgo de desastres, participar en la ejecución y estrategias locales, nacionales, regionales y mundiales, prestar apoyo y contribuir a la sensibilización pública.	Los organismos de atención y respuesta inmediata ejecutan eficientemente los planes para la reducción de riesgo ante el peor escenario.	Los organismos de atención y respuesta inmediata poseen los implementos y herramientas suficientes para enfrentar los diferentes escenarios, estimando 7 técnicos de socorro x 1000 personas entre el área de la población	Los organismos de atención y respuesta inmediata poseen poco apoyo financiero e infraestructura para prepararse y cumplir con la sociedad civil en caso de eventos de riesgos.	Los organismos de atención y respuesta inmediata no poseen apoyo financiero e infraestructura para prepararse y cumplir con la sociedad civil en caso de eventos de riesgos.
Educación Integral de la Gestión de Riesgos	Se logra impartiendo conocimientos a los funcionarios públicos de todos los niveles, la sociedad civil, las comunidades y los voluntarios, así como el sector privado, mediante el intercambio de experiencias, enseñanzas extraídas y buenas prácticas y mediante la capacitación y la educación sobre la reducción del riesgo de desastres.	Todos los sectores de la sociedad poseen conocimientos adecuados en la reducción de riesgo	Algunos sectores de la sociedad poseen conocimientos suficientes en la reducción de riesgo	Algunos sectores de la sociedad poseen conocimientos vagos en la reducción de riesgo	Ningun sector de la sociedad posee información ni capacitación en la reducción de riesgo
Empoderamiento Social	Para la reducción del riesgo de desastres requiere la colaboración de toda la Sociedad, y una participación inclusiva, accesible y no discriminatoria, prestando especial atención a las personas afectadas desproporcionadamente por los desastres, en particular las más pobres.	La Sociedad en pleno participa eficientemente en las labores de gestión integral de riesgos	Algunos sectores de la Sociedad participan eficientemente en las labores de gestión integral de riesgos	Algunos sectores de la Sociedad participan pero no eficientemente en las labores de gestión integral de riesgos	La comunidad no participa en las labores de gestión integral de riesgos

Tabla 3.3. Matriz de reclasificación de los criterios de sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación (continuación)

CRITERIOS	JUICIO DE RECLASIFICACION	CAPACIDAD INSTITUCIONAL / SENSIBILIDAD			
		EXELENTE	BUENO	REGULAR	INSUFICIENTE
		BAJA (Valor = 1)	MODERADA (Valor = 2)	ALTA (Valor = 3)	MUY ALTA (Valor = 4)
Investigacion y Divulgacion	Se busca promover y mejorar la investigación sobre políticas de gestión de riesgos en diferentes niveles sociales incluyendo los actores encargados de la difusión de formular políticas a fin de facilitar la conexión entre la ciencia y las políticas para un proceso eficaz de adopción de la divulgación por medio de comunicación y redes sociales.	Los entes del Estado y Universidades ejecutan y se divulgan activamente investigaciones en el estudio y la gestión integral de riesgos	Sólo una de las partes (Entes o Universidades) ejecutan y divulgan algunas investigaciones en el estudio y la gestión integral de riesgos .	Se ejecutan pocas investigaciones en el estudio y la gestión integral de riesgos pero no se divulgan.	No se ejecutan investigaciones en el estudio y la gestión integral de riesgos.
Recuperacion y Rehabilitación y Reconstrucción despues del evento	Es fundamental prevenir nuevos desastres y reducir el riesgo de desastres mediante el principio de "reconstruir mejor" e incrementar la educación y la sensibilización públicas sobre el riesgo de desastres.	Generación de un sistema de seguros de riesgo para la poblacion.	Los actores involucrados fortalecen en ayuda economica nacional e internacional los seguros de riesgo a la comunidad de bajo recursos.	Poca informacion para la reconstruccion de la zona ante un evento sismico.	No se tiene ningun propósito economico para la resconstruccion ante un evento sismico.

Fuente: Elaboración Propia sobre la base UNISDR (2015)

Una vez asignado los valores a cada criterio, la sensibilidad institucional se estima en función de la sumatoria obtenida, conforme se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Reclasificación de la Sensibilidad por Capacidad de anticipación respuesta y recuperación

	SENSIBILIDAD			
	BAJA (Valor = 1)	MODERADA (Valor = 2)	ALTA (Valor = 3)	MUY ALTA (Valor = 4)
PUNTAJE OBTENIDO	8-12	12-20	20-28	28-34

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.3. Obtención de pesos por cada factor

Para llevar a cabo el análisis multicriterio requerido en la metodología de la sensibilidad ambiental que se está adecuando para obtener sensibilidad ambiental, se hizo necesaria la ponderación de cada uno de los factores, utilizando la consulta a diecinueve (19) expertos vinculados al área de la investigación, a fin de calificar los pesos de los indicadores utilizados en el Análisis de Sensibilidad Sísmica. Para el desarrollo de este estudio se utiliza la metodología desarrollada por Saaty (1977, citado por Trejo, 2015), la cual contempla la comparación por pares en el contexto de toma de decisiones conocido y llamado como análisis jerárquico. El objetivo de la comparación por pares fue determinar la importancia relativa que guardan entre si cada uno de los factores considerados en el análisis. Para poder establecer la importancia relativa o peso de cada factor se realizó una encuesta (ver Apéndice A) a un grupo de diecinueve (19) especialistas para que asignaran una importancia relativa a la comparación entre dos alternativas, estableciendo que:

- Un factor no puede tener igual importancia a otro.
- El grado de importancia de un factor con respecto al otro solo puede tener dos alternativas: 1) mayor importancia, o 2) menor importancia.

En tal sentido, a los fines de determinar los pesos ponderados de los distintos parámetros utilizados en el Análisis de Sensibilidad Sísmica, se somete a su consideración la siguiente matriz de comparación por pares. Dicha matriz (Tabla 3.5) está compuesta por nueve (9) criterios considerados como relevantes para evaluar la potencialidad de Sensibilidad Sísmica en la presente investigación.

Tabla 3.5. Matriz de comparación por pares, para ponderación de criterios de sensibilidad sísmica

	Sensibilidad por zonas sísmicas	Sensibilidad por fallas Geológicas	Sensibilidad por movimiento de masa	Sensibilidad por densidad de población	Sensibilidad por ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza	Sensibilidad por índice de destrucción de viviendas	Sensibilidad por líneas vitales	Sensibilidad por fragilidad socio-económica	Sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sensibilidad por zonas sísmicas	1								
Sensibilidad por fallas Geológicas	2								
Sensibilidad por movimiento de masa	3								
Sensibilidad por densidad de población	4								
Sensibilidad por ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza	5								
Sensibilidad por índice de destrucción de viviendas	6								
Sensibilidad por líneas vitales	7								
Sensibilidad por fragilidad socioeconómica	8								
Sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación	9								

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la consulta a los especialistas, se procedió a calcular la importancia relativa de los factores sujetos a evaluación.

En primer lugar se calculó el valor de ponderación de cada factor (e) para un especialista o decisor (i), a través de la siguiente ecuación:

$$V_{ei} = \frac{F_{ei}}{P} \quad (3.1)$$

Donde:

V_{ei} : valor de ponderación de cada factor (e) para un especialista o decisor (i)

F_{ei} : es la frecuencia con la que el factor (e) ha sido elegida por el especialista (i) P: es el número de decisiones de referencia, es decir, el numero de juicios hechos por cada especialista, la cual viene dada por $n(n-1)/2$, siendo n el número de factores.

Luego se calculó el peso o importancia relativa final de cada uno de los factores mediante la ecuación:

www.bdigital.ula.ve

$$V = \frac{\sum_{i=1}^m V_{ei}}{\sum_{i=1}^m \sum_{e=1}^n V_{ei}} \quad (3.2)$$

Donde:

V: peso o importancia relativa final de cada factor

m: es el número total de jueces o especialistas

n: es el número total de factores

Por último para comprobar si las comparaciones planteadas en la matriz fueron consistentes, se aplicó el índice de inconsistencia (IC), el cual se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^m V_{ei}}{100} \quad (3.3)$$

Donde:

V_{ei} : valor de ponderación de cada factor (e) para un especialista o decisor (i)

m: es el número total de jueces o especialistas

100: valor propio principal, real mayor, de la matriz de comparación por pares

Si se tiene que la relación de consistencia es mayor a 1 ($IC > 1$), entonces la matriz de comparación por pares es ineficaz y por lo tanto se hace necesario replantearla, pero si por el contrario el resultado es menor o igual a 1 ($IC \leq 1$), entonces se dice que la matriz de comparación por pares es eficaz (Trejo, 2015).

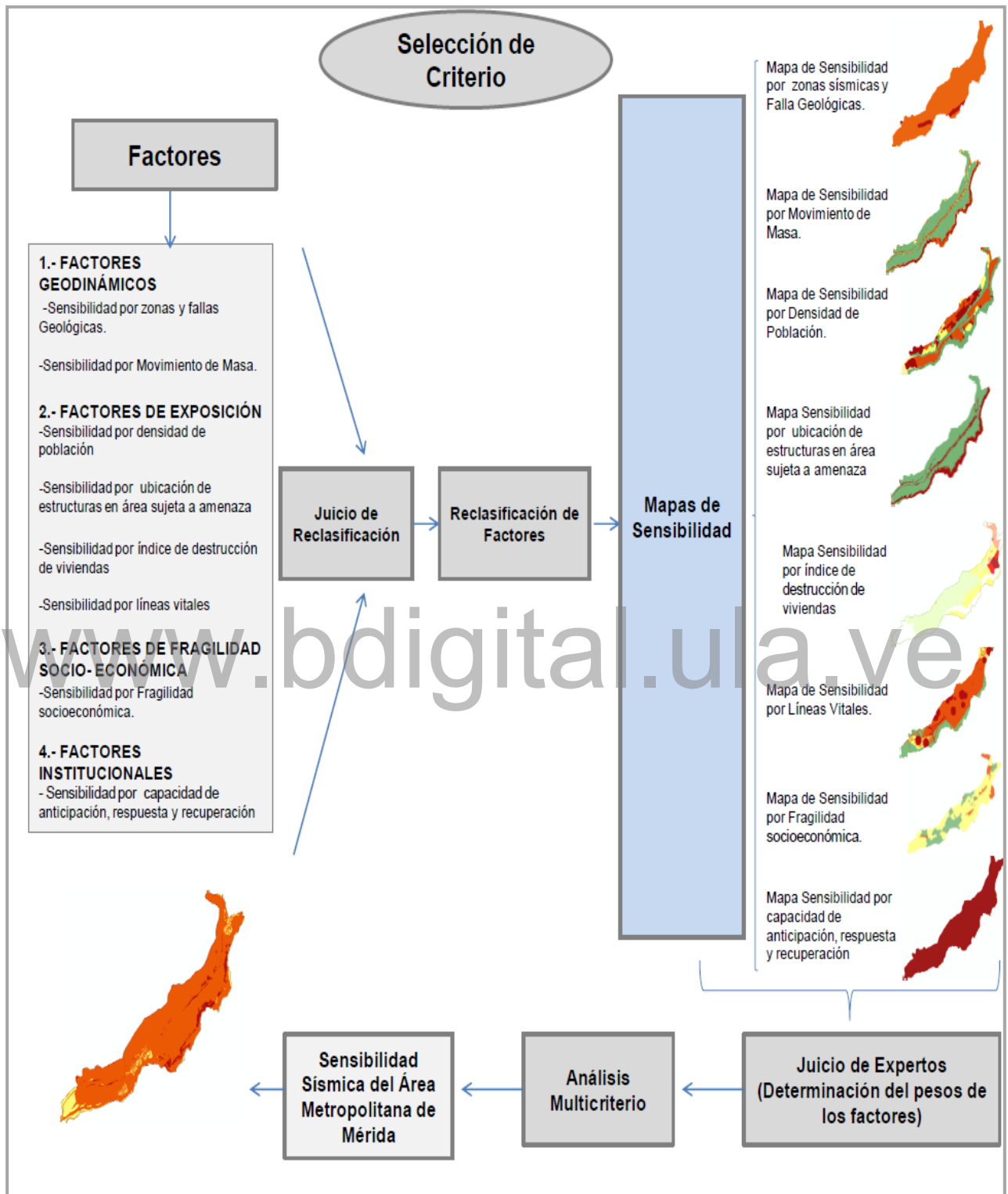
3.3.4. Análisis Multicriterio y obtención del Mapa de Sensibilidad Sísmica.

Luego de obtener los mapas de sensibilidad para cada uno de los factores así como sus respectivos pesos, se prosiguió a realizar el análisis multicriterio para la obtención del mapa de Sensibilidad Sísmica del municipio Libertador del estado Mérida, el análisis fue elaborado haciendo uso del sistema de información geográfica ArcGis® a través de la herramienta de análisis espacial correspondiente al módulo de álgebra de mapas. El análisis multicriterio implicó el uso del método de **Combinación Lineal por Pesos** el cual consiste en multiplicar cada factor por su peso correspondiente, que fue arrojado por los resultados de exposición de los expertos, para luego adicionar cada peso correspondiente del resultado matricial, mientras que las áreas sin información se aplicaron realizando multiplicaciones por cero (0) en aquellas áreas a excluir.

Para la aplicación de este método fue necesario trabajar con los mapas de sensibilidad en formato Raster con el objetivo de que cada celda o pixel asuma el valor de sensibilidad correspondiente, luego a final se adiciona todos los resultados del peso de cada factor para realizar la suma de cada uno y dar como resultado el mapa final de Sensibilidad Sísmica del municipio Libertador del estado Mérida. En la Figura 3.4 se puede apreciar el proceso para la obtención del mapa de sensibilidad.

3.4. Fase IV: Formulación de Lineamientos para la Gestión de Riesgo en Zonas de Sensibilidad Sísmica en el municipio Libertador del Estado de Mérida.

En este apartado se propuso una serie de lineamientos que permitan planificar un plan de gestión de riesgos considerando las características determinadas en este estudio para las zonas por sensibilidad sísmica, a objeto de fortalecer las acciones de prevención, preparación, mitigación y respuesta en el municipio ante los efectos adversos de un evento sísmico.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.4. Procedimiento metodológico para la determinación del mapa de Sensibilidad Sísmica del municipio Libertador del estado de Mérida.

Los lineamientos fueron visualizados considerando en enfoque modificado de marco lógico, el cual permitirá como herramienta de análisis estructurado, facilitar el proceso de identificación, diseño, ejecución y evaluación de acciones y sus respectivos indicadores de seguimiento en cada sector diagnosticado con niveles de sensibilidad sísmica particulares.

Conforme a esto, la propuesta de las líneas de acción estratégica en el contexto de la gestión de riesgos sísmicos consideró:

- La identificación del problema principal.
- Identificación de las causas y efectos del problema principal.
- Identificación de medios y fines para dar solución a la problemática encontrada.
- Propuesta de las líneas de acción estratégica, determinando para cada una objetivos, actividades, indicadores de seguimiento, actores involucrados y supuestos para el cumplimiento.

3.4.1. Identificación del problema principal

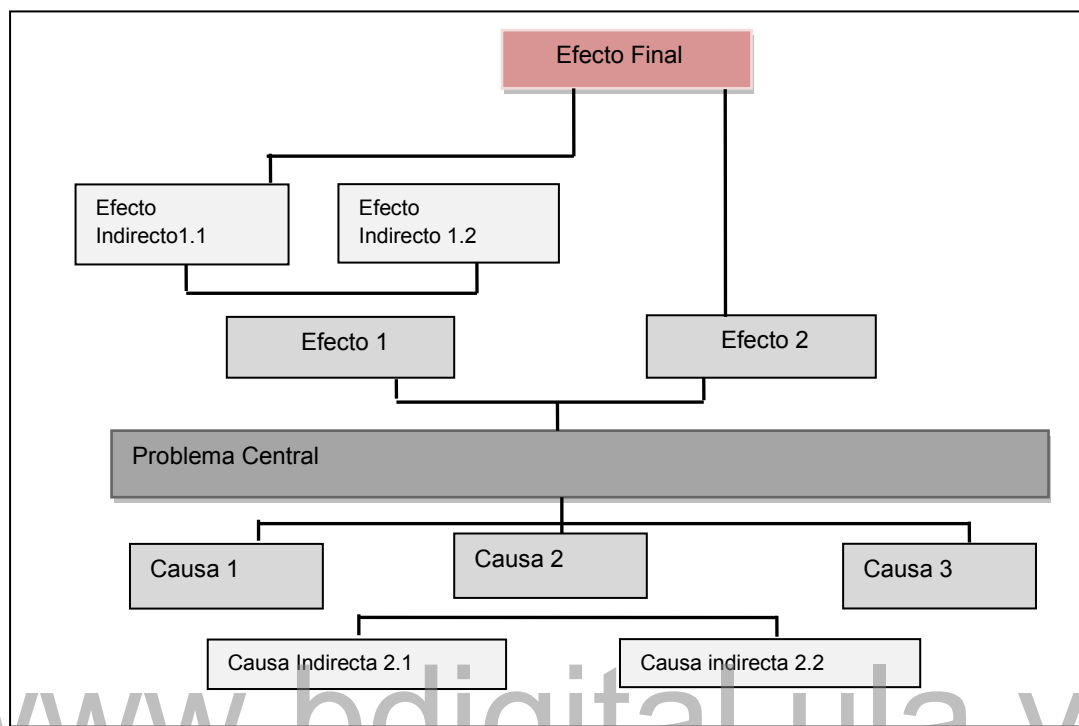
En el problema principal se analiza la situación negativa existente sobre la cual se debe crear una visión de la situación deseada considerando las estrategias que se aplicarán para conseguirla. Para realizar este análisis se incluyó:

- El análisis del problema.
- El análisis de la situación real.
- El análisis de las estrategias.

3.4.2. Identificación de las causas y efectos del problema

Una vez identificado el problema central se grafican hacia arriba los efectos, alguno de los cuales podrían estar encadenados y/o dar origen a otros de índole secundario o indirecto, para ello hay que seguir un orden causal ascendente. Si se determina que los efectos son importantes y se llega, por tanto, a la conclusión que el problema

amerita una solución, se procede al análisis de las causas que los están ocasionando, insertando las mismas en la base inferior del árbol (Figura 3.5).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.5. Estructura del árbol de problemas

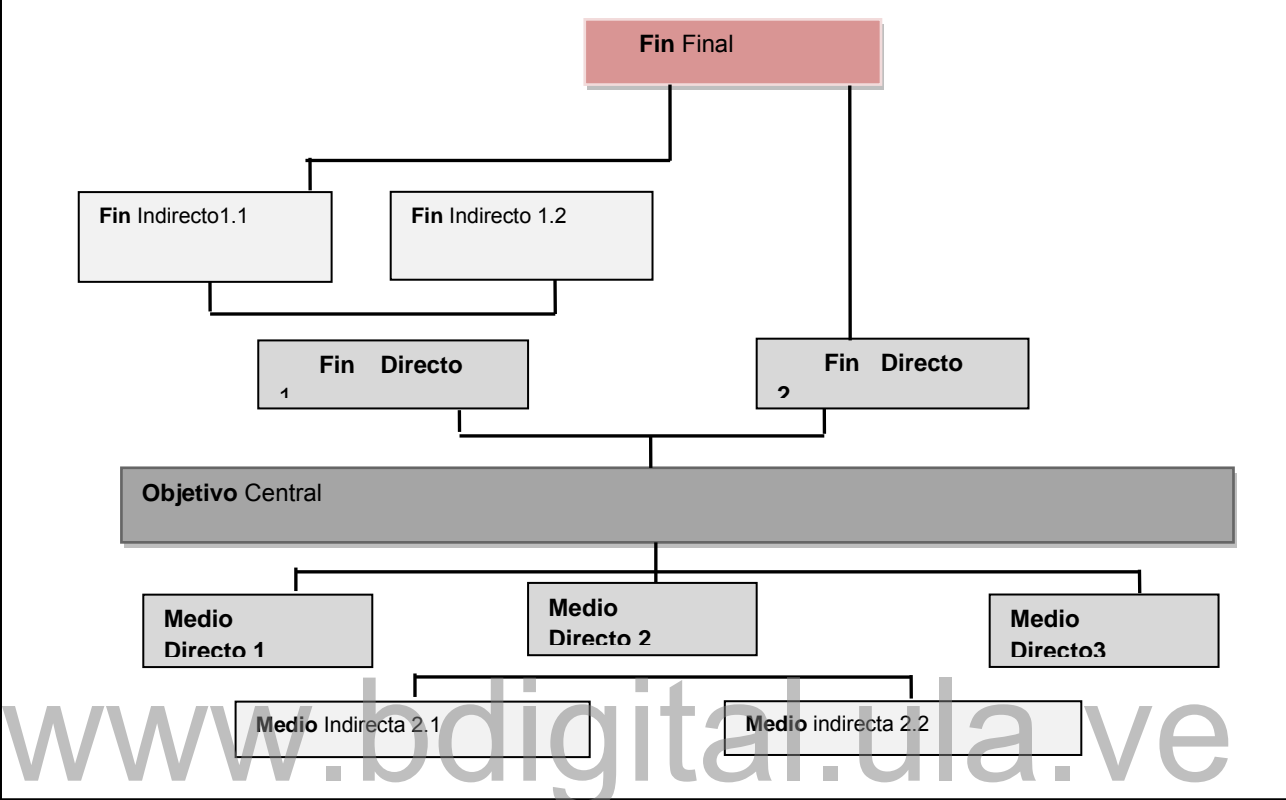
3.4.3. Identificación de medios y fines para dar solución a la problemática encontrada

En este punto se convirtieron los estados negativos del árbol de problemas soluciones, expresadas en forma de estados positivos, para así tener una visión global y clara de la situación positiva que se desea a futuro (Figura 3.6).

3.4.4. Propuesta de las líneas de acción estratégica, actividades y matriz de marco lógico.

Esta Metodología, basada en el enfoque de las líneas de acción estratégica (propuesta por Trejo, 2015), está basada en dos (2) principios básicos: primero, las relaciones lógicas de causa-efecto entre las diferentes partes de un problema que corresponden a los niveles de la matriz que relacionan a las actividades, a los

componentes (o productos), y el segundo basado en la relación del fin y del medio como un conjunto de objetivos jerarquizados de la situación a abordar.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.6. Estructura del árbol de Objetivos.

Toda esta lógica debe proporcionar las herramientas adecuadas dirigidas a contribuir a la Gestión Integral del Riesgo Sísmico, en un medio urbano con términos de adaptación a políticas de crecimiento ordenado, potenciando la coherencia interna de las intervenciones, la eficacia en la toma de decisiones y la asignación de recursos.

Una vez identificadas las líneas de acción estratégica y sus actividades, se procedió a la construcción de una matriz modificada (por Trejo, 2015) de marco lógico a fin de poder tener una visión más completa de las estrategias para zonas de sensibilidad sísmica, entregando así una forma de presentar la información y que además aporte una herramienta que facilite el proceso de evaluación de las estrategias en el caso de ser puestas en práctica. Para efectos de este estudio, se consideró una matriz modificada de marco lógico que consta de seis (6) columnas donde se especifican,

para cada zona, las líneas de acción estratégica que se proponen, los objetivos, las actividades a ejecutar, indicadores de las actividades, los actores y responsables y algunos supuestos necesarios para el cumplimiento de las estrategias. La Tabla 3.6 muestra la estructura de la matriz de marco lógico utilizada.

Tabla 3.6. Líneas de acción estratégicas para abordaje de sensibilidad sísmica

Líneas de acción Estratégicas	Objetivos	Actividades	Indicadores de la Actividades	Actores y Responsable	Supuestos para el cumplimiento de la Estrategia
El desarrollo de la línea de acción constituyen las estrategias de las unidades que se proponen para cada medio identificados en el árbol del problema acorde con el propósito, de prestar una alternativa a la solución a la problemática encontrada en la gestión de riesgo en sísmico en el municipio Libertador del estado Mérida.	Este aspecto indica el beneficio que se desea lograr como resultado de la línea de acción estratégica con el propósito de conseguir propuestas para la gestión de riesgo, conforme a la sensibilidad sísmica.	Son las que permiten que se produzcan los componentes o resultados en las líneas de acción estratégica a partir de los medios descritos en el árbol del problema.	Los indicadores presentan información necesaria para determinar el progreso hacia el logro de los objetivos establecidos por el proyecto.	Son los actores que permiten optimizar los beneficios de las actividades que se proponen para obtener los resultados previstos. Las instituciones los entes sociales y políticos son los actores responsables para limitar los impactos negativos.	Los supuestos son de tipo ambiental, financiero, institucional, social, político, climatológico u otros factores que pueden hacer que el mismo fracase. La matriz de marco lógico requiere que los supuestos identifique los riesgos en cada etapa: Actividad, Componente, Propósito y Fin. El riesgo se expresa como un supuesto que debe ser cumplido para avanzar al nivel siguiente en la jerarquía de objetivos.

Fuente: Trejo (2015) con modificaciones propias

3.5. Fase V: Conclusiones y Recomendaciones

Por último se ejecutaron a juicio de la investigadora, las conclusiones y recomendaciones dirigidas a contribuir a la gestión integral del riesgo urbano, en el municipio Libertador del estado Mérida.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación, obtenidos mediante el procesamiento e interpretación de la información consultada y el análisis de sensibilidad sísmica.

4.1. Definición y diagnóstico del área de estudio

4.1.1. Geología y Litología

La geología del área se encuentra conformada por suelos transportados que conforman la terraza de Mérida, sedimentos aluvio-coluviales de la periferia noroeste de la terraza (Figura 4.1).

- **Cuaternario**

Las terrazas y los abanicos, individuales o coalescentes son, los tipos genéticos sedimentarios que principalmente rellenan los valles intermontanos y las fajas piedemontinas andinas, a niveles que van desde Q4 (Holoceno) hasta Q1 (Pleistoceno Temprano). De acuerdo a la nomenclatura aplicada por Schubert y Vivas (1993) se tiene:

- **Q4**

Corresponden a los depósitos cuaternarios más recientes (Holoceno), éstos se restringen principalmente a las vegas del río principal y sus tributarios. Aunque abundan en forma de estrechas terrazas y de conos de deyección, nunca llegan a tener la representatividad de los volúmenes más antiguos, tienen espesores de apenas varios metros, aunque excepcionalmente algunos pueden llegar hasta los 30 m a 40 m, especialmente en la cuenca de tracción de La González.

- **Q3**

Corresponden a depósitos del Pleistoceno Tardío, está muy bien representado en la cuenca de La González y a todo lo largo del valle del

Chama, hasta la altura de Apartaderos, conformando amplios y bien desarrollados conos de deyección y abanicos de lavas torrenciales que se localizan individualmente ó en coalescencia. Suelen encontrarse también angostas y escasas terrazas.

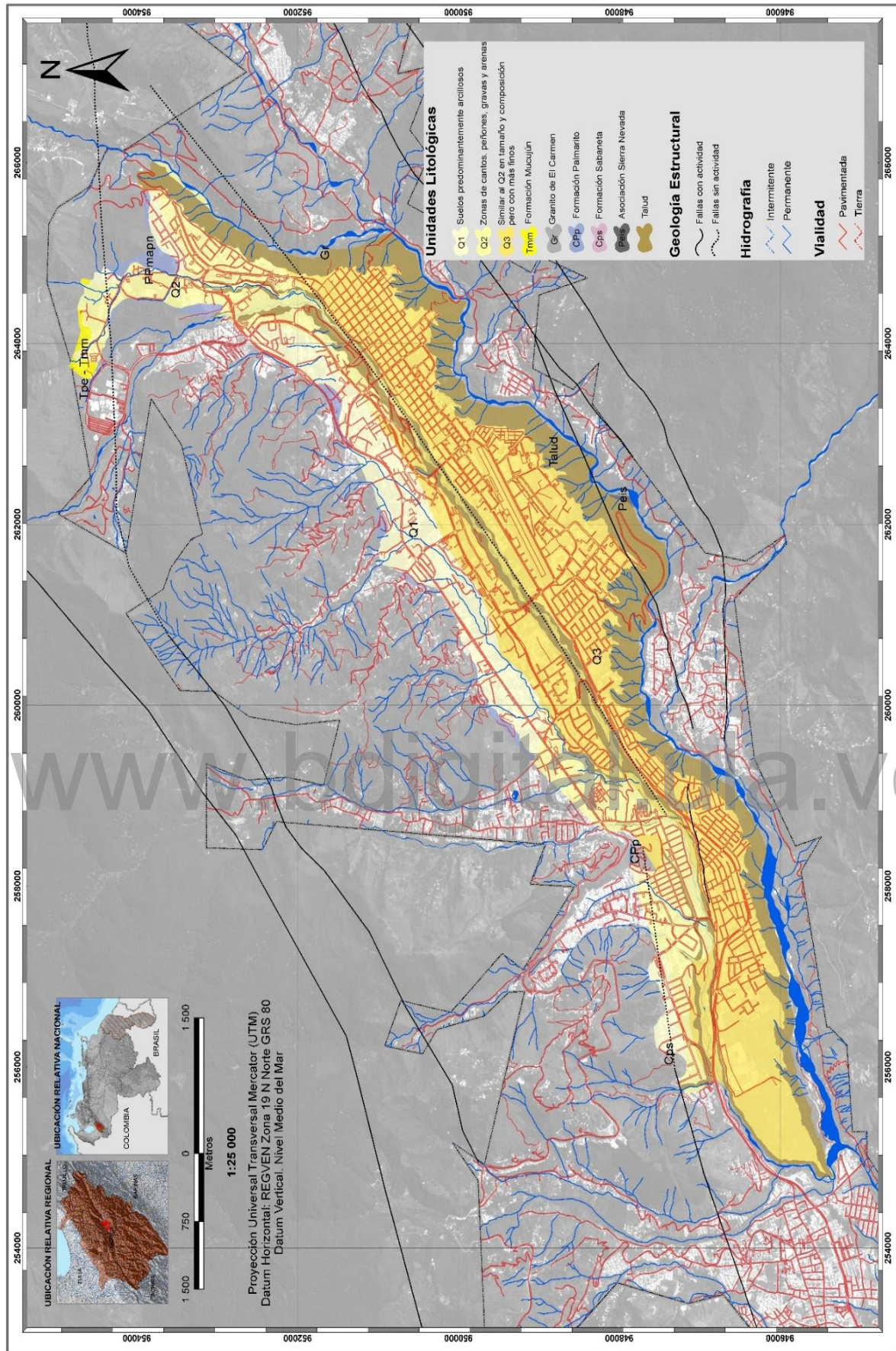
- **Q2**

Corresponden a depósitos del Pleistoceno Medio, son muy abundantes y potentes las secuencias aluviales torrenciales en abanicos o en terrazas típicas, sobre ellos se asientan los centros poblados más importantes de estado Mérida, tales como: Mérida, La Punta, San Juan y Lagunillas. Generalmente tienen espesores superiores a 80 m y 100 m aguas debajo de Lagunillas hasta el punto de ocupar casi toda la extensión de la cuenca La González hasta Estanques.

- **Q1**

Corresponden a depósitos del Plioceno-Pleistoceno Temprano, estos depósitos conforman específicamente en el área de Lagunillas, los volúmenes cuaternarios más potentes, con espesores que generalmente sobrepasan los 100 m y a veces alcanzan hasta 200 m, ya sean modelados en abanicos o terrazas. Las terrazas probablemente representan rellenos que fueron depositados durante avances glaciales y que fueron cortados por los ríos durante retrocesos glaciales.

Durante los avances glaciales menores se produjo sedimentación fluvial dentro de los valles morrénicos, debido a que los ríos tenían un caudal menor o debido a una carga sedimentaria excesiva, o a ambas razones. Durante los retrocesos glaciales, los ríos llevaban más agua y erosionaban y cortaban los rellenos sedimentarios de los valles, los cuales forman los diversos niveles de terrazas actuales. Schubert y Vivas (1993), expresan que los procesos tanto aluviales como fluviales formaron la terraza de Mérida que hoy se conoce; la parte fluvial, se caracteriza por un sistema de ríos trenzados que se relacionaron con ríos laterales del valle y que cubren la parte del fondo del mismo durante etapas de inundación. En cuanto a la parte aluvial, según el arrastre y sedimentación excesivos se encargó de colmatar el fondo de los valles, a manera de numerosos abanicos coalescentes, presentando un sistema aluvial trenzado de gravas, siendo la litología predominante, donde las mismas fueron transportadas por carga de fondo y las arenas que se encontraban en menor proporción fueron transportadas por saltación.



Fuente: Elaboración propia sobre a base de Ramírez (2010)
Figura 4.1. Mapa Geológico área Metropolitana de Mérida.

Ya en el Área Metropolitana de Mérida, los sedimentos se basan en un aporte lateral de los sedimentos cuaternarios (Figura 4.1). Desde el punto de vista estructural, el área en estudio se considera bastante compleja, ya que se encuentra localizada dentro de los límites de influencia del sistema de Fallas de Boconó, y se cataloga como un área de alta actividad sísmica (según el Departamento de Geofísica de la ULA, se registran diariamente alrededor de 2 microsismos).

Rengifo, Aranguren y Laffaille (2006), expresan que el período de retorno para sismos de diferentes magnitudes, estimado para eventos como el de 1610 ($M_s = 7,3$) es de 410 años; para sismos de magnitud $M_s = 7,0$ es de 263 años; para sismos de magnitud $M_s = 6,5$ es de 131 años, aproximadamente. El período de retorno para sismos de magnitud $M_s = 6,2$ ($6,1M_b$) es de 97 años y para $M_s = 6,0$ es de 80 años, aproximadamente. Esto hace prever la posibilidad de que se puedan presentar sismos con magnitud igual o superior a $M_s = 6,0$, prácticamente, en cualquier momento; aunque estas estimaciones estadísticas y probabilísticas están rodeadas de algunas incertidumbres, por lo que no son eventos predecibles en tamaño ni tiempo.

Se han podido distinguir siete (7) grandes series de falla, que siguen una dirección NE-SO como el Eje Andino, guiando una de ellas el curso del río Chama. La mayoría de las fallas reconocidas dentro y en la cercanía inmediata del casco de la ciudad, parecen ser activas. La intersección de fallas menores, pero de alto riesgo para Mérida, pueden ser indicativo de ajuste; son especialmente importantes las Fallas de Las Tapias, San Jacinto y el Teleférico. En la Tabla 4.1 se detalla cada una de las fallas y su localización.

Geomorfológicamente se manifiesta por una serie de valles alineados, depresiones lineales y otros rasgos en un corredor de 1 a 5 kilómetros de ancho (Rojas y Molina, 2010). Según Ferrer (1998), en caso de movimientos sísmicos el nivel de peligrosidad se incrementa para aquellas áreas ubicada dentro o cerca de planos de rupturas; este es el caso del conjunto residencial *Las Tapias*, sector norte de *La Parroquia*, urbanización *Santa Juana*, *Fray Juan Ramos de Lora*, sector *El Teleférico*, edificaciones de alta densidad a lo largo de ambos márgenes del río Albarregas, y a lo largo del talud de incisión del río Chama. Registros históricos permiten señalar como sectores con niveles de riesgos críticos por combinación de sismicidad y movimientos de masa, todos aquellos ubicados a lo largo de los taludes de incisión de los río Chama y Albarregas; específicamente: *Santa Elena*, *El Paseo de la Feria* (desarrollo de viviendas multifamiliares), *Av. 8*, *La Hoyada de Milla*, *Avenida 1 y 2*.

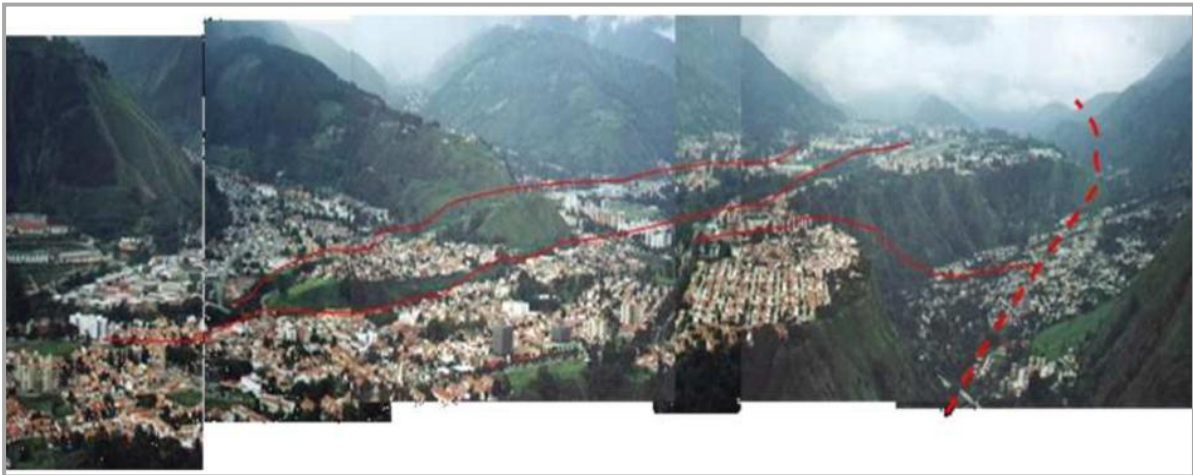
Tabla 4.1. Fallas geológicas presentes en el Área Metropolitana de Mérida

Fallas	Evidencias	Orientación	Localización
De Boconó	Topográfica	N 55-80 E	Sigue el curso del río Chama.
Albarregas	Topográfica	N 60° E-O	Pone en contacto sedimentos terciarios con pleistoceno reciente.
De La Panamericana	Topográfica	N. 45- E-O	Pone en contacto sedimentos del pleistoceno reciente.
De La Hechicera	Topográfica	E-O- franco	Contacto con la formación Mucujún y la Formación Palmarito.
Del Mucujún	Topográfica	N. 15-30 E	Contacto con la formación terciaria y granodiorita del Carmen.
Las Tapias Santa Juana Teleférico	Topográfica	N. 83 E	Fallas interformaciones cortas, sedimento cuaternario.

Fuente: Rojas y Molina (2010).

www.bdigital.ula.ve

Dentro de las grandes series de fallas, se puede decir que la de mayor importancia es el Sistema de Fallas de Boconó, la cual es una de las más activas del país. La mayoría de los grandes terremotos ocurridos en tiempos históricos en el occidente del país han sido asociados con movimientos de esta falla. Geomorfológicamente se manifiesta por una serie de valles alineados, depresiones lineales y otros rasgos en un corredor de 1 a 5 kilómetros de ancho ver Figura 4.2. Tal como lo expresan Vielma y Parra (2009), la construcción de una densa red vial que contempla tres (3) viaductos sobre el río Albarregas, ha incorporado nuevos espacios urbanizables, en zonas de vertiente con rocas de comportamiento geotécnico muy inestable y susceptibles a movimientos de masa, altamente disectadas por fallas geológica locales, las cuales generan en zonas de debilidad que permiten el colapso de bloques (coluvionamiento), así como el incremento de grietas y diaclasas por unidad de superficie. En estos nuevos espacios urbanizables se han desarrollado áreas residenciales donde se intercalan urbanizaciones planificadas con población de recursos medios y altos y comunidades no planificadas donde se localiza población de bajos recursos.



Fuente: INPRADEM (2005)

Figura 4.2. Vista panorámica de la ciudad de Mérida, señalando la traza de las fallas con líneas rojas

Los mismos autores señalan, que este avance de la presión demográfica sobre las vertientes que rodean a Mérida ha generado un proceso de deforestación de la vegetación existente en estos espacios mediante la tala y la quema indiscriminada, generando graves problemas de erosión. En consecuencia, en Mérida y sus alrededores, se pueden observar movimientos de masas del tipo soliflucción, deslizamientos y carcavamiento localizado, los dos primeros generalizados principalmente en los cerros al norte y noroeste de Mérida, mientras que el último se restringe a ciertos sectores montañosos al suroeste. En consecuencia, las políticas de expansión urbana para Mérida han considerado el retiro de construcción de las viviendas de las zonas aledañas al margen de los taludes por razones de seguridad, considerando que esta ciudad es sísmicamente activa y los taludes pueden llegar a colapsar bajo solicitudes sísmicas.

4.1.2. Factores geodinámicos que condicionan la sensibilidad sísmica.

4.1.2.1. Microzonificación sísmica y fallas geológicas

La sismicidad en el área de estudio y zonas inmediatas según criterios históricos y datos geofísicos recientes, muestra una actividad extremadamente alta y la misma refleja en intenso fallamiento local (Nava 2009). Estudios preliminares realizados por FUNDAPRIS (2012) define para el área, tres (3) zonas sísmicas **la zona 1-1** representa la zona con velocidades entre 350m/s y 650m/s y con espesores entre 0m y 60m; **la zona 1-2**, se refiere a la zona con velocidades entre 350m/s y 650m/s y profundidades mayores a 60m y **la zona 2-1** con velocidades igual o mayor a

650m/s y con espesores entre 0m y 60m. Cada microzona está limitada por las formaciones y asociaciones geológicas presentes. El radio de influencia de las fallas es de 250m tomado esto según recomendaciones de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológica (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Velocidad de onda – espesor por zonas sísmicas

ZONA SISMICA	VELOCIDAD DE ONDA	ESPESOR
Zona 1-2	entre 350m/s y 650m/s	> 60m
Zona 1-1	entre 350m/s y 650m/s	entre 0m y 60m.
Zona 2-1	≥ 650m/s	entre 0m y 60m

Fuente: FUNDAPRIS (2012)

De acuerdo al tipo de suelo y profundidades, Corredor y Dugarte (2010), determinaron las formas espectrales, las velocidades promedio de las ondas de corte y el coeficiente de corrección horizontal (ϕ) (Tabla 4.3), considerando además a Mérida como una zona de alta incidencia sísmica (Zona 5), según la Norma Sísmica Venezolana Covenin 1756-1:2001. En el área de estudio, predomina la zona 1-2, la cual cuenta con velocidades que van desde 350 m/s a 650 m/s; y una profundidad superior a 60 metros (Tabla 4.4 y Figura 4.3).

Del mismo modo (Alvarado *et al.*, 2013), en la Investigación Aplicada a la Gestión Integral del Riesgo en Espacios Urbanos – Mérida, identificaron dos (2) tipos de fallas: i) fallas Activas (Boconó y Mucuy), y ii) fallas potencialmente Activas sin actividad (Albarregas, Hechicera y Jají, Figura 4.3). Aunque los mismos autores expresan que en este último grupo de fallas la evidencia geomorfológica no es concluyentes para una definición de actividad reciente, sin embargo, existe actividad sísmica que puede estar asociada a ellas así como también evidencias geoquímicas y geofísicas.

4.1.2.2. Susceptibilidad a los movimientos de masa

Por su parte, la terraza de la ciudad de Mérida y sus alrededores, han presentado problemas de inestabilidad, debidos a la heterogeneidad de los estratos rocosos que la componen, resaltando eventos adversos en la mayoría de las cuencas hidrográficas que drenan hacia la mencionada área poblada (CABELLO, 1966).

Tabla 4.3. Forma Espectral y Espesor del suelo para cada afloramiento ubicado en la terraza de Mérida

	Afloramiento	Material	Vsp ₃₀ (m/s)	H (m)	Forma Espectral	φ
Sector Zumba	Afloramiento 1 N 946671 E 255595	Suelo duro o denso	250-400	< 15	S1	1.00
	Afloramiento 2 N 946877 E 25973	Suelo blando o suelto intercalados con rígidos	---	H1	S2	0.70
		Suelo duro o denso	250-400	< 15	S1	1.00
		Suelo blando/Suelto	<170	< 15	S2	0.90
		Suelo duro o denso	250-400	< 15	S1	1.00
		Suelo blando/Suelto	<170	< 15	S2	0.90
	Afloramiento 3 N 947016 E 256241	Suelo firme/medio denso	170-250	<50	S2	0.95
		Suelo duro o denso	250-400	< 15	S1	1.00
		Suelo blando o suelto intercalados con rígidos	---	H1	S2	0.70
		Suelo firme/medio denso	170-250	<50	S2	0.95
La Parroquia-Carrizal	Afloramiento 4 N 946080 E 25600	Suelo firme/medio denso	170-250	<50	S2	0.95
		Suelo duro o denso	250-400	(15-50)	S2	0.90
		Suelo blando/Suelto	<170	< 15	S2	0.90
	Afloramiento 5 N 947040 E 258324	Suelo duro o denso	250-400	> 50	S2	0.90
		Suelo firme/medio denso	170-250	> 50	S3	0.75
		Suelo duro o denso	250-400	< 15	S1	1.00
	Afloramiento 6 N 946521 E 258635	Suelo duro o denso	250-400	(15-50)	S2	0.90
Heroína- El Espejo	Afloramiento 8 N 950420 E 264408	Suelo duro o denso	250-400	< 15	S1	1.00
		Suelo firme/medio denso	170-250	<50	S2	0.95
Plaza de Milla	Afloramiento 9 N 951660 E 264464	Suelo duro o denso	250-400	(15-50)	S2	0.90

Fuente: Corredor y Dugarte (2010)

Tabla 4.4. Distribución de las zonas sísmicas del área de estudio

ZONA SISMICA	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Zona 1-1	---	---
Zona 1-2	2.412,30	100%
Zona 2-1	---	---
Total	2.412,30	100

Fuente: Elaboración propia sobre la información de FUNDAPRIS (2012)

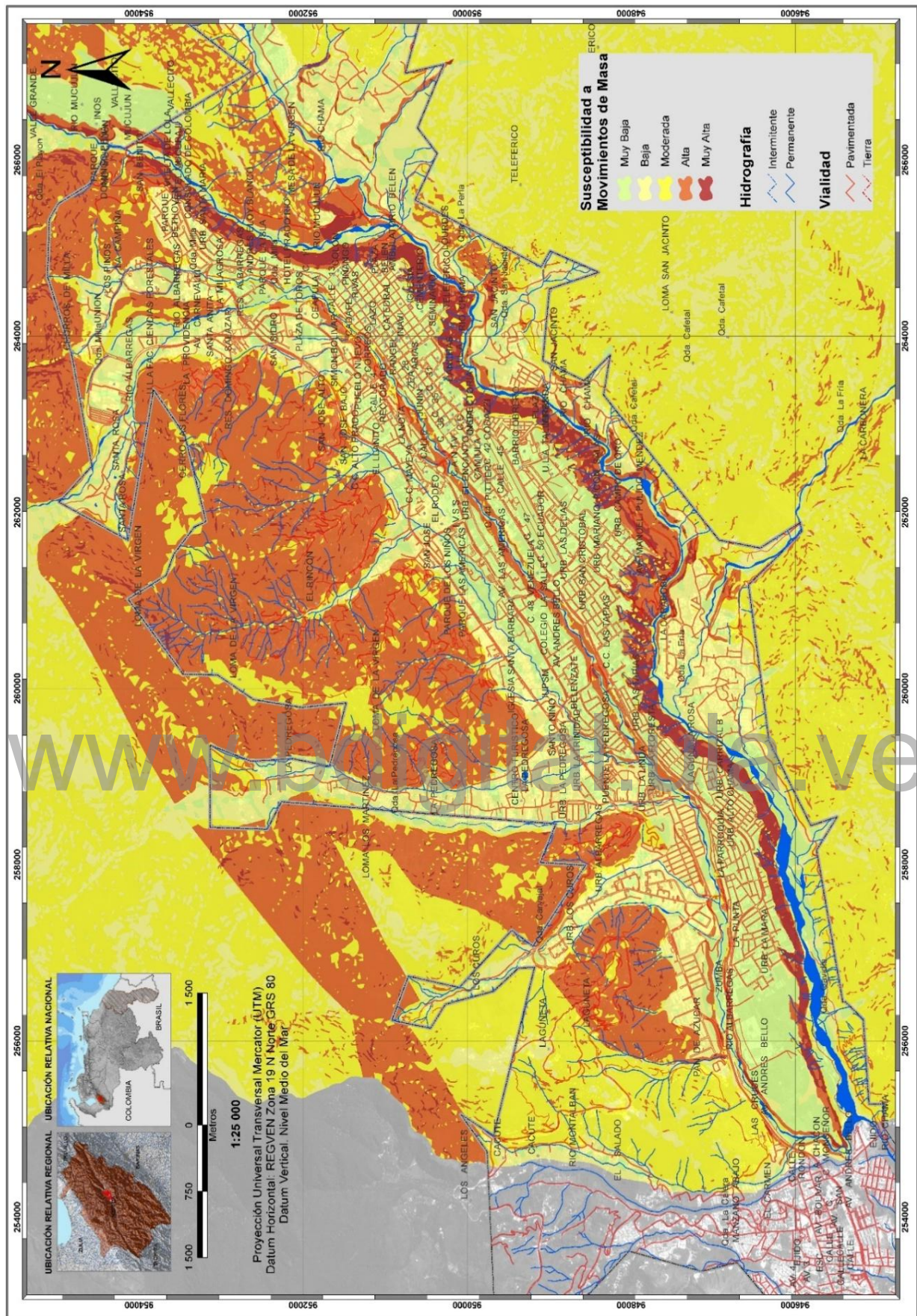
En las vertientes de las microcuencas que drenan hacia el área de estudio, se presentan problemas de inestabilidad geológica y geomorfológica, sobre los desarrollos urbanos; esta información fue extraída del estudio realizado de línea base correspondiente a la zonificación de la susceptibilidad a movimientos de masa para la terraza de Mérida de parte de Ramírez (2010).

En otras palabras, las características físicas del entorno mantienen actualmente, procesos de movimientos en masa activos y latentes relacionados con fenómenos hídricos y geomorfológicos que se constituyen como amenaza potencial sobre la población. Para este mapa Ramírez (2010) consideró cinco (5) niveles de susceptibilidad (muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo), de los cuales dentro de la poligonal del área en estudio, predomina la susceptibilidad baja (Tabla 4.5 y Figura 4.4).

Tabla 4.5. Niveles de susceptibilidad a movimientos de masa en el área de estudio

NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Muy Baja	1.302,63	54,00
Baja	463,9	19,23
Moderada	123,39	5,12
Alta	275,32	11,41
Muy Alta	247,06	10,24
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia sobre la base de Ramírez (2010)



Fuente: Elaboración propia sobre a base de Ramírez (2010)
Figura 4.4. Susceptibilidad a movimientos de masa en el área de estudio

Los niveles de muy baja y susceptibilidad predominan en la zona en estudio (Figura 4.5), con unas 1.766,53 ha (un 73,23 %) de las áreas ocupadas por usos urbanos en las posiciones geomorfológicas más sobresalientes y con mejores condiciones topográficas y geológicas. Sin embargo, algunas de estas zonas son susceptibles a los procesos geomorfológicos de mayor magnitud en las áreas colindantes con: bordes de taludes y vertientes inestables, dando pie a la posibilidad de ser afectadas.

El nivel de susceptibilidad moderada, ocupa la parte de las vertientes de la Asociación Sierra Nevada y la Formación Sabaneta, en secciones medias y altas de las subcuencas que drenan hacia las zonas urbanas. Incluye las secciones con menor pendiente especialmente en áreas de colinas y divisorias de agua y representan el 5% de la superficie bajo análisis.

Mientras que los niveles más críticos (alta y muy alta) se distribuyen en unas 522,38 ha (un 21,65 %) y se localizan en el talud y secciones de vertientes inclinadas y muy inclinadas. Estos niveles de susceptibilidad a movimiento en masa representan las áreas muy activas e inestables, consideradas como críticas ya que representan las zonas con fuertes restricciones para su ocupación y uso.

www.bdigital.ula.ve

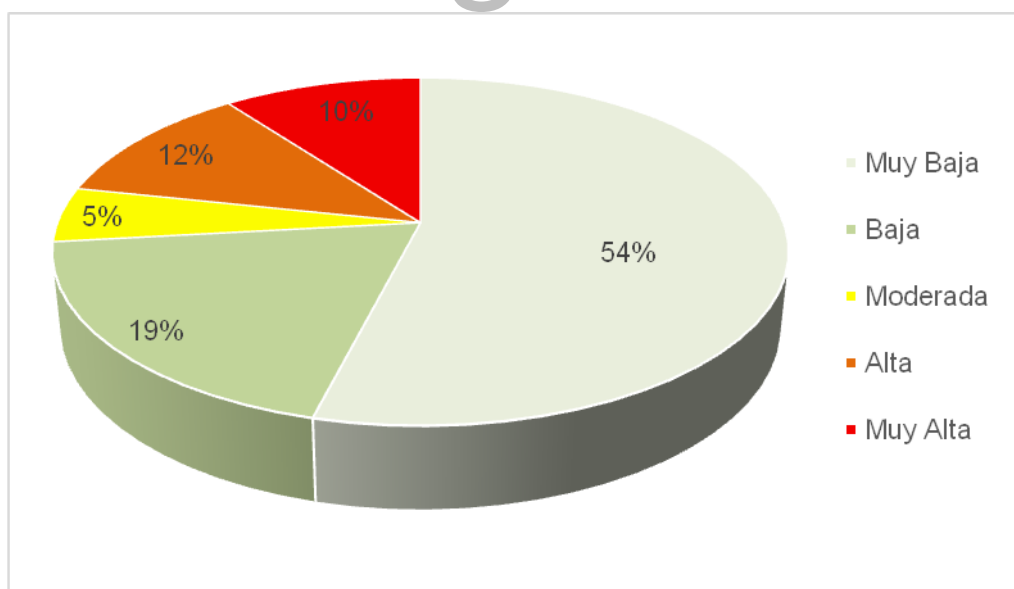


Figura 4.5. Distribución de los niveles de susceptibilidad a movimientos de masa en el área de estudio

4.1.3. Factores de exposición que condicionan la sensibilidad sísmica

4.1.3.1. Densidad de Población

La ciudad de Mérida es la capital tanto del estado Mérida como del municipio Libertador, concentra el 26,4% de la población del estado (con 217.537 habitantes, según el Censo 2011), lo que significa que para la fecha uno (1) de cada cinco (5) de los habitantes del total de la Entidad, eran residentes habituales de tal municipio (INE, 2014). Conforme a las proyecciones del INE, se estima que al año 2018, se tengan en el municipio unos 289.966 habitantes (Figura 4.6).



Fuente: Elaboración propia, sobre la base del INE (2011)

Figura 4.6. Proyecciones de población para el municipio Libertador del estado Mérida

El INE (2011) también resalta que en el municipio Libertador la parroquia con mayor proporción de población es Jacinto Plaza con 13,7% seguido de Antonio Spinetti Dini con 13,4% (Tabla 4.6); ambas parroquias se encuentran enmarcadas dentro de la poligonal de estudio en la presente investigación ya que se tiene que las quince (15) parroquias que conforman el municipio, el área de estudio abarca once (11) de ellas.

Tabla 4.6. Proyecciones de población para las parroquias del municipio Libertador del estado Mérida

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Municipio Libertador	275.710	299.191	320.878	339.575	354.259	364.479	370.479	373.220
Parroquia Antonio Spinetti Dini *	37.509	40.129	42.428	44.262	45.518	46.162	46.251	45.926
Parroquia Arias *	19.289	21.161	22.940	24.535	25.864	26.885	27.606	28.088
Parroquia Caracciolo Parra Pérez *	16.163	17.646	19.038	20.266	21.266	22.005	22.494	22.787
Parroquia Domingo Peña *	22.192	24.133	25.934	27.497	28.737	29.616	30.152	30.420
Parroquia El Llano *	10.582	11.496	12.343	13.075	13.655	14.063	14.309	14.429
Parroquia Gonzalo Picón Febres	7.982	8.653	9.271	9.801	10.215	10.499	10.662	10.730
Parroquia Jacinto Plaza	35.927	38.362	40.482	42.152	43.267	43.798	43.802	43.415
Parroquia Juan Rodríguez Suárez *	19.015	20.901	22.701	24.325	25.692	26.756	27.524	28.057
Parroquia Lasso De La Vega *	18.733	20.478	22.123	23.580	24.773	25.664	26.264	26.636
Parroquia Mariano Picón Salas *	24.903	27.126	29.198	31.007	32.456	33.500	34.156	34.510
Parroquia Milla *	23.651	25.761	27.727	29.445	30.820	31.812	32.435	32.772
Parroquia Osuna Rodríguez *	30.029	32.696	35.178	37.339	39.065	40.298	41.064	41.463
Parroquia Sagrario *	6.876	7.485	8.053	8.549	8.947	9.234	9.415	9.515
Parroquia El Morro	1.979	2.175	2.361	2.530	2.672	2.783	2.864	2.922
Parroquia Los Nevados	880	989	1.101	1.212	1.312	1.404	1.481	1.550

* Parroquias en el área de estudio

Fuente: INE (2011)

Ya en el punto de la densidad de población, la misma tiende a incrementarse a medida que pasa el tiempo debido al aumento de la población. Es así que entre 1961 y 2011, la densidad del estado Mérida pasó de 24,0 a 73,3 habitantes por km² (INE, 2014). En el caso puntual del municipio Libertador, la densidad de población se restringe en función de lo establecido en el Capítulo III – Uso del suelo y sus intensidades, Sección I de los sectores o áreas (Artículo 16) del Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay; POU (Ministerio del Desarrollo Urbano, 1999), tal como se presenta en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Densidad de población, en conformidad al Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay

SECTOR		DENSIDAD BRUTA MÁXIMA (hab/km ²)
ÁREAS RESIDENCIALES		
Área Residencial (AR-5)	Corresponde al desarrollo planificado de viviendas	350
Área Residencial (AR-4)	Corresponde a los desarrollos de viviendas multifamiliares	300
Área Residencial (AR-3)	Corresponde a los desarrollos de viviendas planificados y espontáneos	250
Área Residencial (AR-2)	Corresponde a los desarrollos de vivienda unifamiliar planificados y espontáneos	150
Área Residencial (AR-1)	Desarrollo de viviendas unifamiliares	100
ÁREAS TURÍSTICAS EXISTENTES Y PROPUESTAS		
Áreas Turísticas y Recreacionales existentes (ATR)	Corresponde a las áreas desarrolladas con instalaciones recreacionales, turísticas de infraestructura hotelera, servicios y comercio turístico, rentables y de carácter privado y semiprivado	50
Nuevos Desarrollos Turísticos Recreacionales (ND-TR)	Comprenden las áreas vacantes, destinadas a la instalación de desarrollos receptivos y parareceptivos: hoteles, comercios y servicios terrestres, etc.	
NUEVOS DESARROLLOS RESIDENCIALES		
Nuevos Desarrollos Residenciales (ND-1)	Comprende áreas vacantes, destinadas a programas de vivienda en desarrollo de conjunto	100
Nuevos Desarrollos Residenciales (ND-2)		150
Nuevos Desarrollos Residenciales (ND-3)		250
Nuevos Desarrollos Residenciales (ND-4)		300
Nuevos Desarrollos Residenciales (ND-5)		350

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Ministerio del Desarrollo Urbano (1999)

En el área bajo estudio la densidad máxima bruta predominante es la de 150 hab/km², la cual ocupa unas 404,74 (un 16,78%, Tabla 4.8) de la superficie reglamentada susceptible de ser aprovechada tal como se observa en las Figuras 4.7 y 4.8.

Tabla 4.8. Densidades brutas máximas de población en el área de estudio

DENSIDAD BRUTA MÁXIMA (hab/km ²)	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
50	94,36	3,91
100	218,79	9,07
150	404,74	16,78
250	150,87	6,25
300	154,01	6,38
350	205,10	8,50
Áreas con restricciones de uso	1.184,43	49,10
Total	2.412,30	100

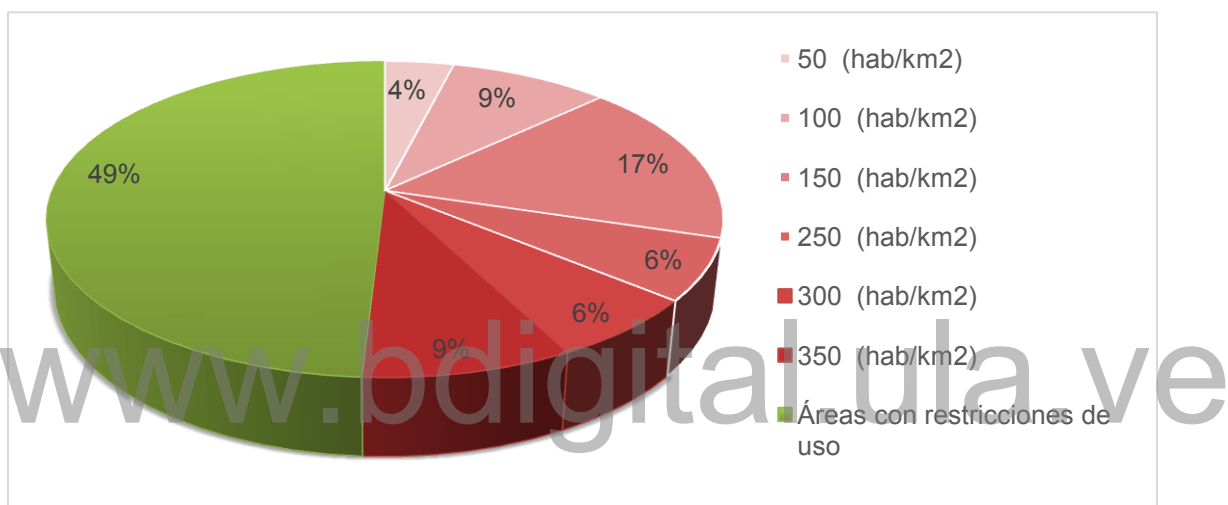
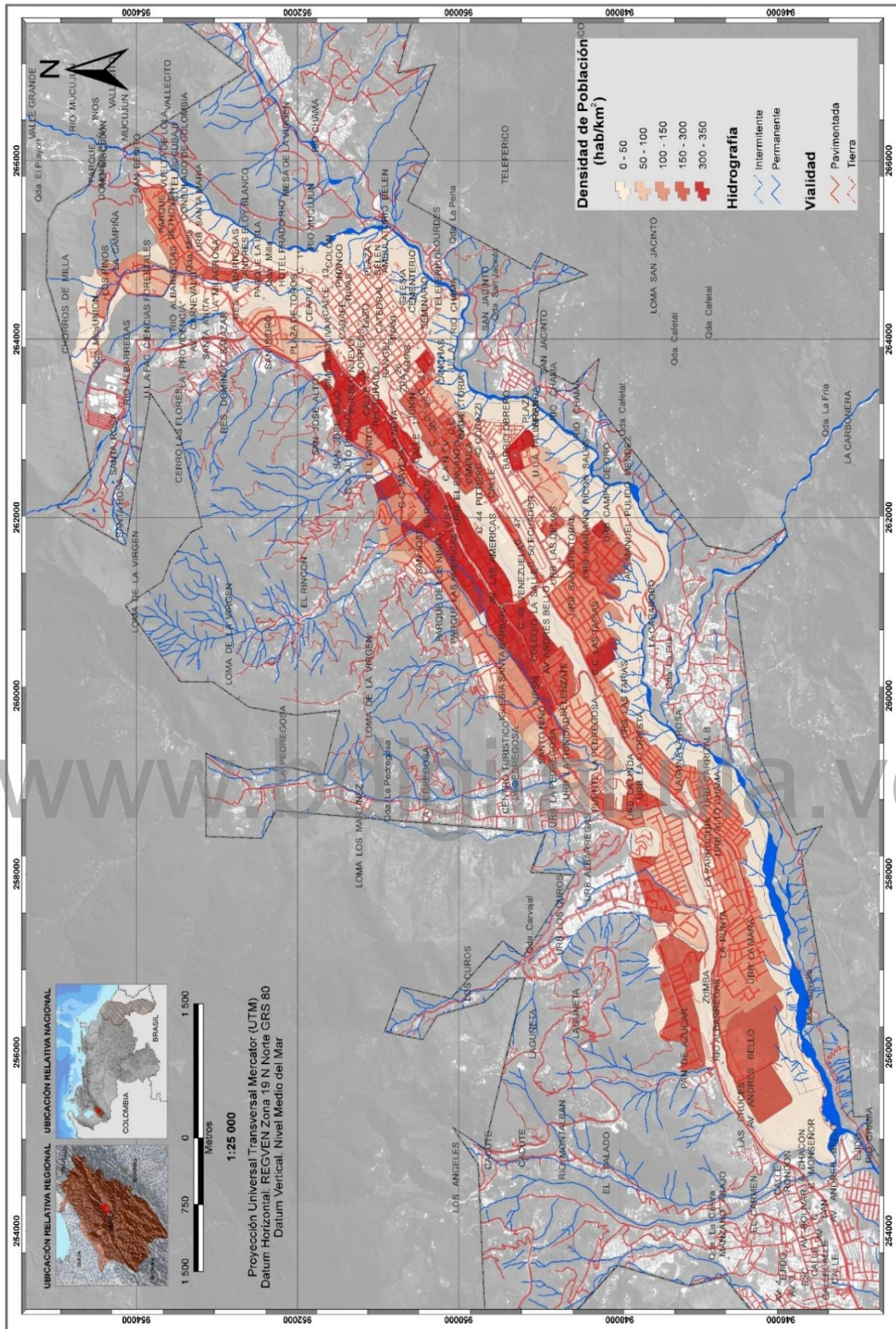


Figura 4.7. Distribución de densidades brutas máximas de población en el área de estudio, en conformidad al Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay

4.1.3.2. Ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza

En el área de estudio, la mayoría de los desarrollos habitacionales se encuentran ubicados en los sitios planos (con una pendiente suave de 5 a 10%) de origen aluvial de la terraza la terraza (Tabla 4.9 y Figura 4.9), no obstante existen sectores inadecuadamente asentados sobre los taludes de los cerros y terrazas que circundan la ciudad (la posición del talud se observa en la Figura 4.10).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8. Densidades brutas máximas de población, en conformidad al Plan de Ordenación Urbanística del área metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay

Tabla 4.9. Rangos de pendientes en el área de estudio

PENDIENTES	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
5% al 10%	1.858,59	77,05
55% al 85%	553,71	22,95
Total	2.412,3	100

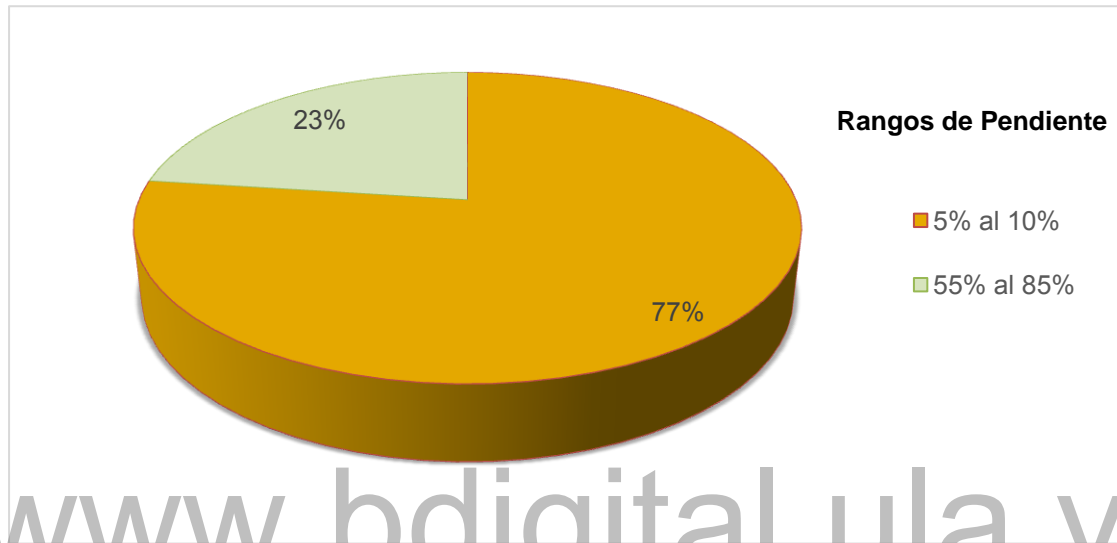
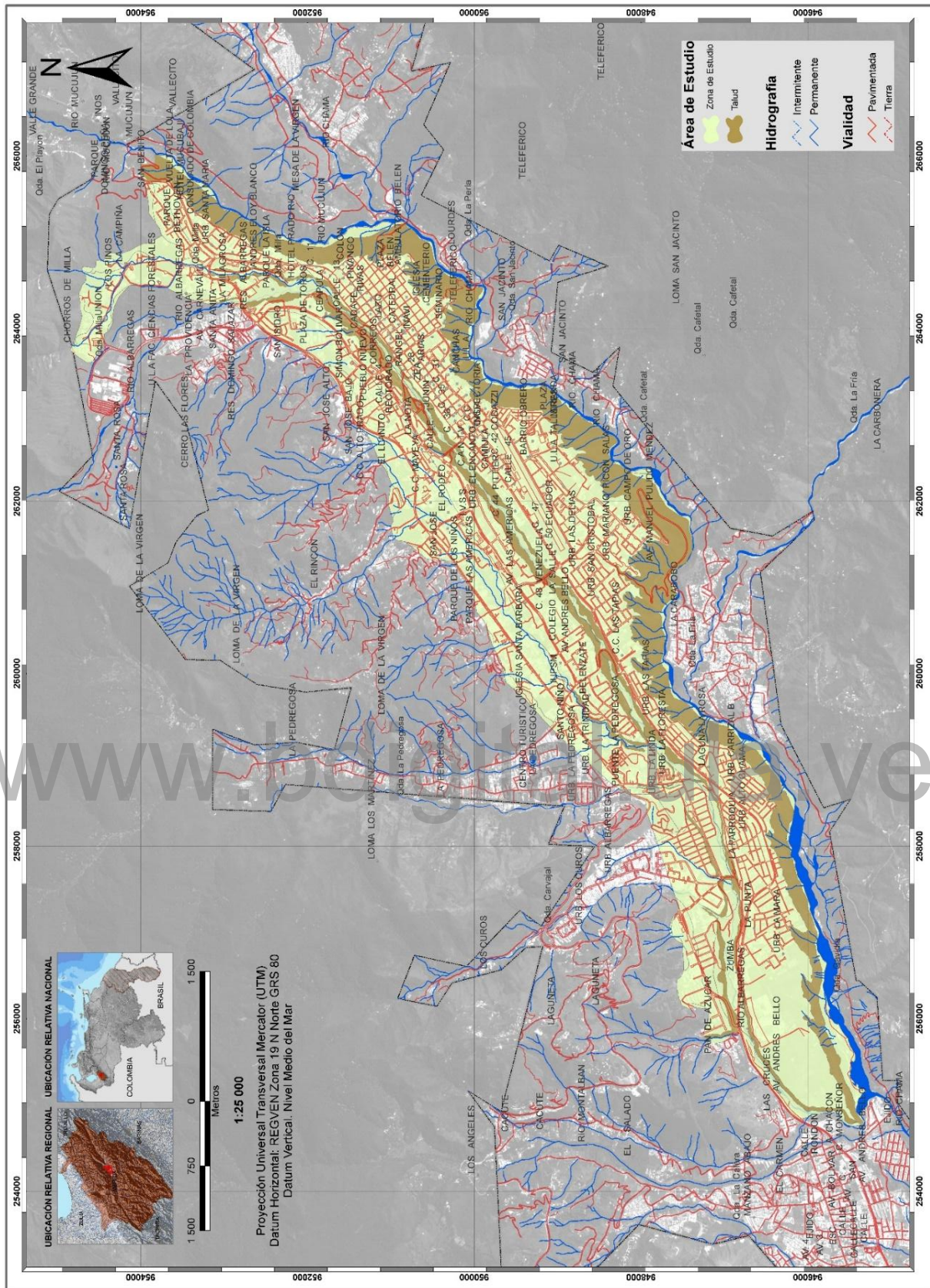


Figura 4.9. Distribución de rangos de pendientes en el área de estudio

En el procedimiento constructivo de estas viviendas la población se ve obligada a emplazar o rellenar pequeñas terrazas o al corte vertical del talud sin consideraciones-recomendaciones geotécnicas para los movimientos de tierra, lo que conduce en gran frecuencia a que tanto en la época de lluvias (cuando el suelo se satura) como al momento de un evento sísmico específico, el material tienda a deslizarse o derrumbarse produciendo serios problemas que conllevan a la pérdida de bienes y en el peor de los casos de vidas humanas.

4.1.3.3. Índice de Destrucción de Viviendas

Tal como lo expresa Rebotier (2006), al combinar las condiciones físicas locales de agravación de la intensidad sísmica, el comportamiento de las construcciones en caso de temblor y la cantidad de población, hallada a una escala fina por fotointerpretación, para indicar aproximadamente el impacto del sismo en término de



Fuente: Elaboración propia sobre a base de Ramírez (2010)
Figura 4.10. Posición del talud en el área de estudio

heridos, se puede obtener un mapa de Mérida con los probables sectores más propensos a pre-sentar un alto número de heridos, indicativo del perfil de riesgo, como un dato que designa el mayor o menor grado de daños causados encada unidad espacial permitiendo con esto evidenciar las zonas más sensibles para gestionar las acciones de respuesta ante un evento sísmico.

Este perfil de riesgo fue obtenido por Rebotier (2006) de acuerdo con la tipología de las construcciones realizada por arquitectos e inspirada en la clasificación propuesta por la escala MSK, expuesta en el trabajo de Laffaille (1996). Los resultados varían entre 0 y 1 (0: destrucción total y 1: ningún daño) y son, en cada sector del área de estudio, ponderados por las proporciones de los diferentes tipos de edificios (Figura 4.11). Para cada sector, el autor evaluó la proporción de edificios de las diferentes clases mediante la selección aleatoria de aproximadamente el 10% del número de edificios del sector.

Conforme a lo anterior, el área de estudio presenta en un % el mejor comportamiento de las construcciones, mientras que el % se cataloga como el peor comportamiento (Tabla 4.10 y Figura 4.12).

Tabla 4.10. Índice de destrucción de viviendas (por Rebotier, 2006) en el área de estudio

ÍNDICE DE DESTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Bueno (≤ 10)	1.316,33	54,57
Moderado (0,10 – 0,15)	222,22	9,21
Malo (0,15 – 0,20)	219,65	9,11
Muy Malo (0,20 – 0,25)	201,57	8,36
Critico ($\geq 0,25$)	46,15	1,91
Espacio no cubierto por las mediciones	406,44	16,85
Total	2.412,3	100

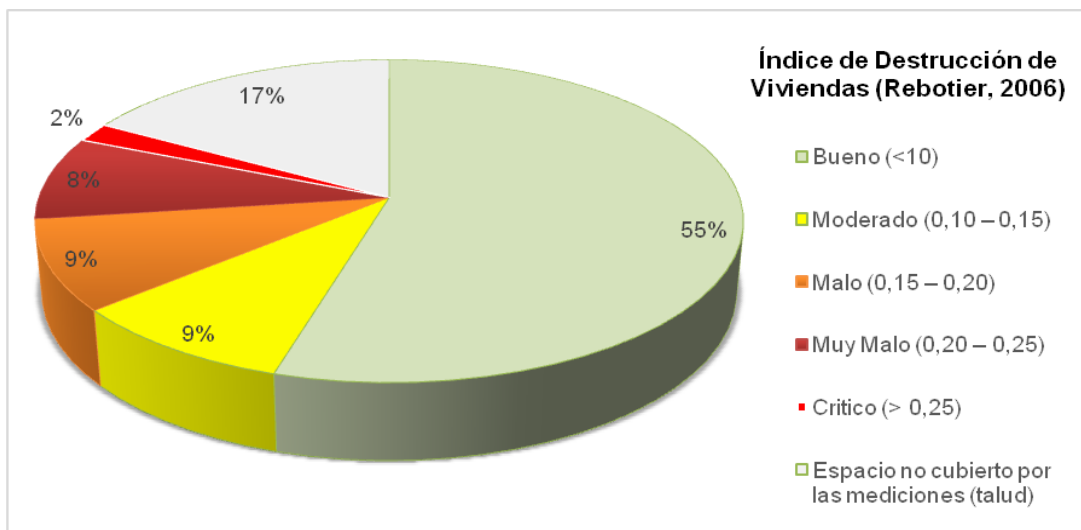


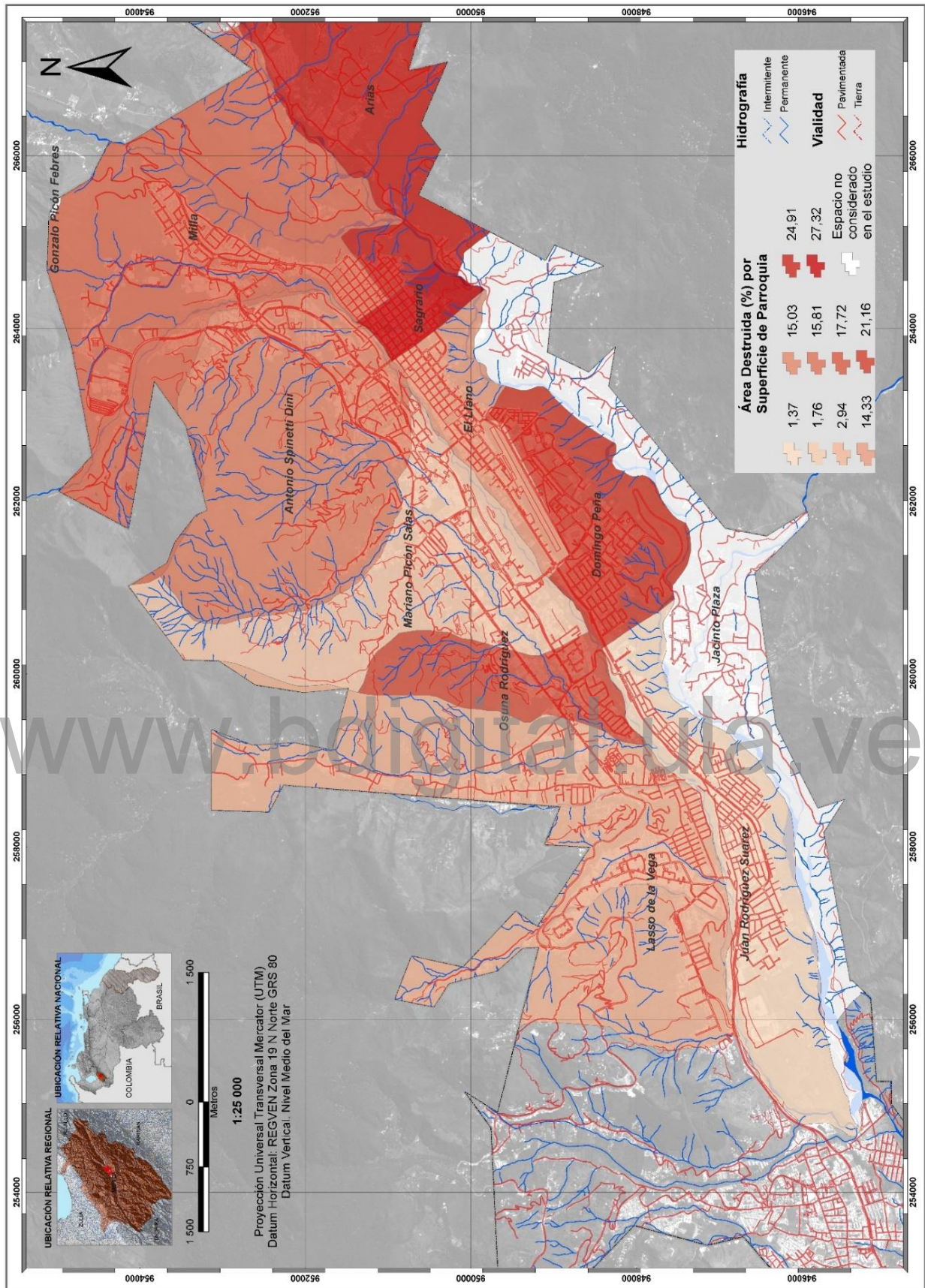
Figura 4.12. Distribución del índice de destrucción de viviendas en el área de estudio

Jaramillo (2014), estimó la probabilidad de daño para las tipologías de edificación y mediante el uso de las matrices de probabilidad de daño se estimó el área destruida en cada parroquia del municipio Libertador, para las intensidades sísmicas VIII y IX (Tabla 4.11), obteniendo que las tipologías de edificación predominantes en las parroquias son menos vulnerables físicamente a una amenaza sísmica por lo que las mismas presentarían un menor porcentaje de área destruida a la hora de un evento sísmico (ver distribución espacial del porcentaje en la Figura 4.13).

Tabla 4.11. Porcentaje de área destruida en el municipio Libertador, para intensidad sísmica de VIII y IX

PARROQUIA	ÁREA DESTRUIDA (%) POR SUPERFICIE DE PARROQUIA	
	VIII	IX
Antonio Spinetti Dini	3,24	15,03
Arias	8,29	24,91
Caracciolo Parra Pérez	1,82	7,95
Domingo Peña	5,04	21,16
El Llano	4,29	14,33
Juan Rodríguez Suárez	0,12	1,37
Lasso de la Vega	0,46	2,94
Mariano Picón Salas	0,32	1,76
Milla	3,92	15,81
Osuna Rodríguez	3,06	17,72
Sagrario	10,27	27,32

Fuente: Jaramillo (2014)



Fuente: Elaboración propia sobre a base de Jaramillo (2014)
Figura 4.13. Distribución de área destruida en el municipio Libertador del estado Mérida, para intensidad sísmica de IX

4.1.3.4. Líneas Vitales

Estos elementos de gran importancia tales como son las líneas vitales las cuales se refieren a los servicios básicos y accesibilidad en momentos de un evento adverso; y las instalaciones críticas como Acueducto Principal, Vialidad, Línea de Alta Tensión, y Estaciones de Servicio.

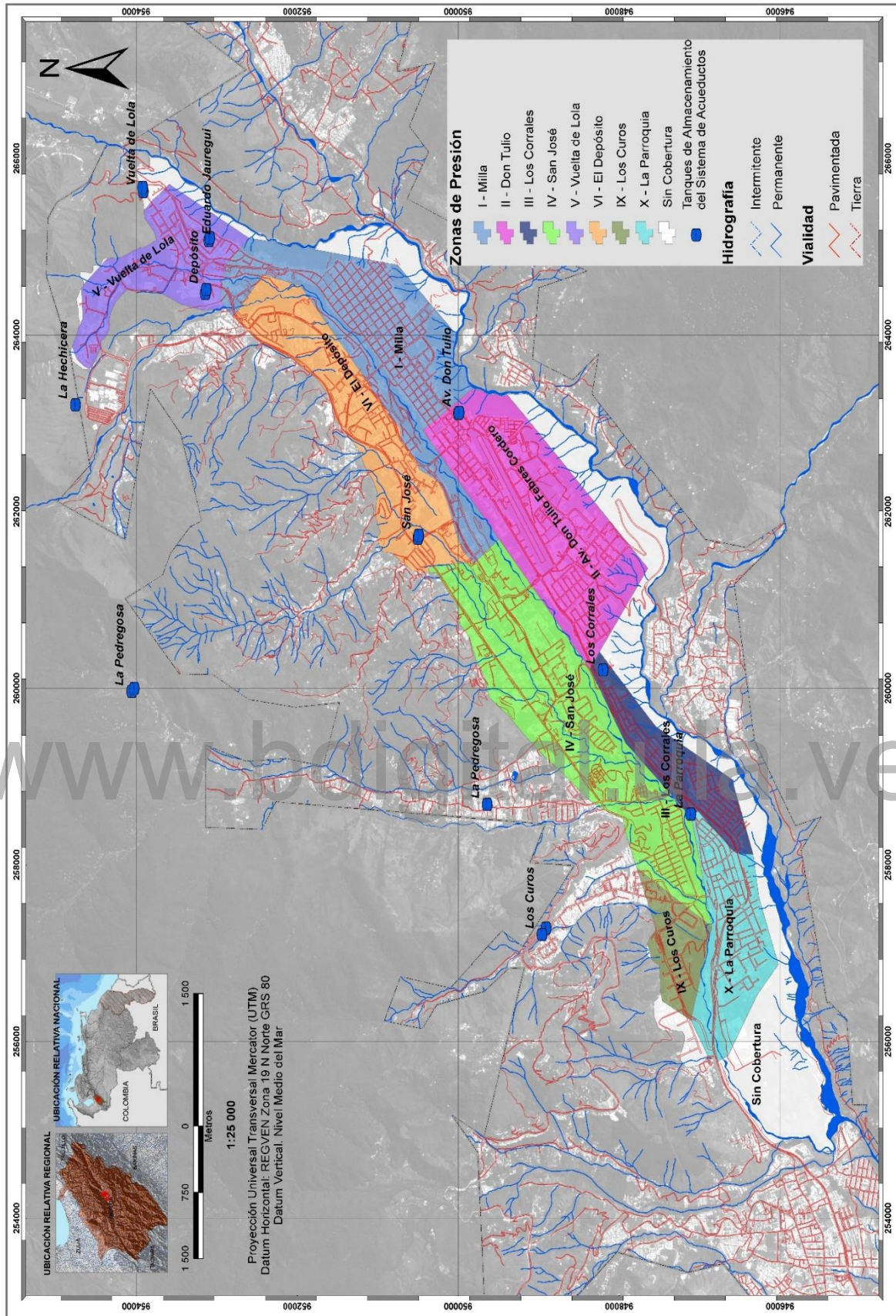
- **Sistemas de Acueductos**

Según Hernández (2012), la Subgerencia Comercial de Aguas de Mérida cuenta con 58.079 suscriptores, de los cuales, según el registro se contabilizan 28.540 distribuidos en la Subgerencia Metropolitana. 91% de los usuarios pertenecen a uso residencial; 7% comercial; 1% oficial; y 0,5% industrial. El acueducto de la ciudad de Mérida, abarca desde la Vuelta de Lola, hasta el sector Zumba (entrada a la ciudad de Mérida por Ejido); con un aproximado de 240 km de tuberías de distintos diámetros, longitudes y materiales.

Entre los efectos esperados sobre los sistemas de agua potable en caso de ocurrencia de un evento sísmico, están:

- Destrucción total o parcial de las estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
- Rotura de las tuberías de conducción y distribución y daños en las uniones, entre tuberías o con los tanques, con la consiguiente pérdida de agua.
- Interrupción de la corriente eléctrica, de las comunicaciones y de las vías de acceso.
- Modificación de la calidad del agua por movimientos de masas.
- Variación (disminución) del caudal ofertado en captaciones subterráneas o superficiales.
- Cambio del sitio de salida del agua en manantiales.

En el caso de la ciudad de Mérida, Astorga (2011) realizó una sectorización de las zonas de presión tomando como referencia la ubicación de los estanques de almacenamiento (Figura 4.14), y considerando la calidad de los materiales, el sistema constructivo, las propiedades y el comportamiento del suelo, las características de un evento sísmico, entre otros, estimó a través de escenarios y en una media de 1.000 metros, el número de fugas o roturas de las tuberías para distintas magnitudes de sismo.



Fuente: Elaboración propia sobre a base de Astorga (2011)

Figura 4.14. Zonas de presión y estanques de almacenamiento de agua potable en el área de estudio

El trabajo determinó que las tuberías de las zonas del norte de la ciudad, pueden presentar un mayor número de roturas que las tuberías ubicadas en zonas del sur de la ciudad. Con esto la investigadora infiere que las tuberías del norte de la ciudad son más vulnerables que las del sur. Para intensidades IMM mayores que VI, el número de roturas es un poco más del doble en las tuberías ubicadas al norte de la ciudad, con respecto a las ubicadas en el sur de la misma (Tabla 4.12).

Tabla 4.12. Total de roturas estimadas en las tuberías de la ciudad de Mérida, según la intensidad del sismo y la zona donde se presenten.

		INTENSIDAD DEL SISMO				
		ZONA	VI	VII	VIII	IX
Norte de la ciudad	I	0,53	4,72	28,79	209,44	1.570,75
	II	0,38	3,31	20,19	146,88	1.101,55
	V	0,14	1,27	7,78	56,59	424,37
	VI	0,19	1,68	10,24	74,45	558,38
	VII	0,02	0,20	1,22	8,84	66,30
Total roturas Norte de la ciudad		1	11	68	496	3.721
Sur de la ciudad	III	0,06	0,54	3,28	23,87	178,99
	IV	0,20	1,74	10,65	77,42	580,57
	VIII	0,05	0,40	2,48	18,04	135,30
	IX	0,08	0,66	4,05	29,41	220,55
	X	0,16	1,45	8,86	64,45	483,35
Total roturas Sur de la ciudad		1	5	29	213	1.599
Total roturas en el sistema		2	16	98	709	5.320

Fuente: Astorga (2011)

De igual forma Astorga (2011), generó las curvas de fragilidad en función del índice de daños esperado en las distintas tuberías del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida (Tabla 4.13).

El estudio indicó que en promedio, las tuberías del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida, se espera que no presenten daños en caso de ocurrir un sismo que genere una intensidad de IMM = V. Caso contrario se estima con la posible ocurrencia de escenarios sísmicos de IMM = IX o X, en los cuales el índice de daño probable es del 100%, es decir, posiblemente todo el sistema se vería afectado bajo estas circunstancias.

Tabla 4.13. Índice promedio de daños (%) en las tuberías de las distintas zonas de la ciudad de Mérida

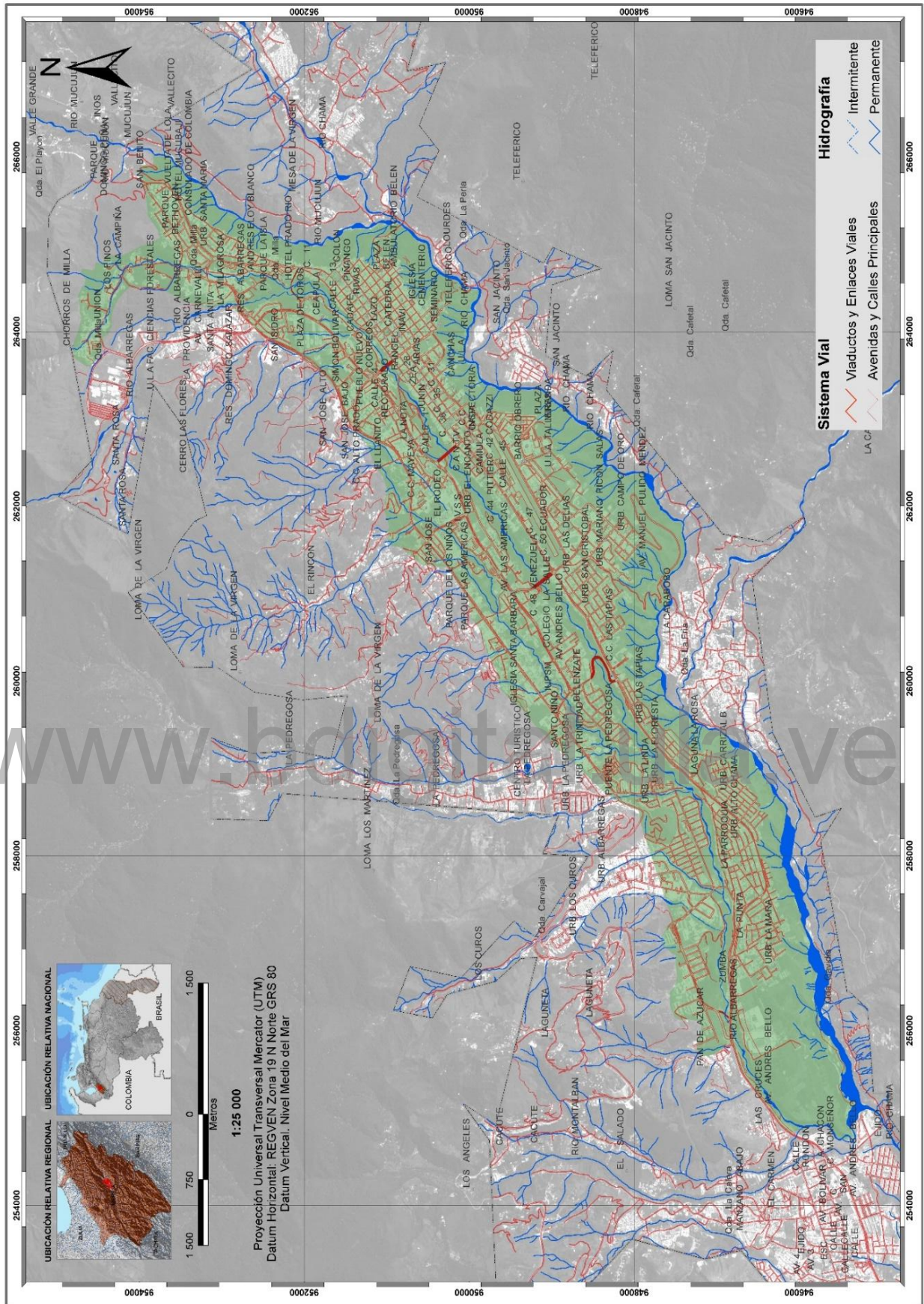
ZONA	INTENSIDAD DE SISMO				
	VI	VII	VIII	IX	X
I	1,3	45,6	91,2	100,00	100,0
II	0,8	32,7	86,9	100,00	100,0
III	0,0	9,9	76,0	100,00	100,0
IV	0,2	13,5	77,6	100,00	100,0
V	0,5	23,6	81,5	100,00	100,0
VI	8,9	27,2	81,3	100,00	100,0
VII	0,0	7,9	74,9	100,00	100,0
VIII	0,0	8,0	77,1	100,00	100,0
IX	0,0	10,0	78,8	100,00	100,0
X	1,8	19,5	79,6	100,00	100,0

Fuente: Astorga (2011)

- **Sistema Vial**

Pérez (2012) reseña que espacialmente, Mérida se encuentra dividida en tres (3) sectores, definidos a partir del río Albarregas y del talud de la Meseta que da al río Chama, elementos que definen las líneas divisorias entre el Sector Oeste (La Otra Banda), el Sector Central (La Meseta) y el Sector Este (Zona del Chama). Los sectores Oeste y Central se comunican principalmente por tres (3) viaductos: Sucre, Miranda y Campo Elías, así como por seis (6) vías con una utilización sensiblemente menor a las mencionadas, como son: el enlace vial Briceño Ferrigni (Plaza de Toros), la vía Cruz Verde, el Paseo Humboldt, el enlace Gómez Arellano (El Cementerio), la vía La Parroquia-Los Curos y el enlace Campo Claro. Entre los sectores Central y Este, su comunicación se hace básicamente a través del enlace de Santa Juana y la carretera Trasandina (Troncal 7) desde Los Llanitos de Tabay (Figura 4.15).

Esa red vial instaurada de cerca de 200 km, se encuentra conformada por vías arteriales, colectoras y locales, con secciones promedio de 18 m, 12 m y 9 m, respectivamente, y capacidades que oscilan entre los 700 y 3.200 vehículos por hora. Las vías de mayor jerarquía, las arteriales, presentan características de mayor fluidez y continuidad, contando en su mayoría con secciones de dos (2) canales de circulación por sentido, cumpliendo además funciones de vías colectoras y distribuidoras de los viajes que se realizan hacia y dentro de la ciudad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15. Sistema vial en el área de estudio

Dentro de este primer grupo destacan como vías arteriales la Av. Andrés Bello en el Sector “La Meseta” y las Av. Los Próceres y Las Américas en el Sector de “La Otra Banda”. El casco central es donde predomina la trama cuadrangular con un desarrollo compacto, que ha perdurado a pesar del crecimiento posterior al período colonial. Se caracteriza por la presencia de actividades comerciales y de servicios que se extienden a lo largo de las principales avenidas, jerarquizadas como vías de tipo colectoras y de enlace, con características morfológicas similares (Escalante y Palmar, 1978, en Guerrero, 1992).

- **Sistema de Almacenamiento de Gas Combustible**

La sociedad, altamente tecnificada, es cada vez más dependiente del abastecimiento de combustibles líquidos y gas, y constituyen servicios esenciales durante una emergencia sísmica. Conforme a PAOT (2003), la producción, transporte, distribución y uso final del gas LP implica diferentes riesgos para la población y al ambiente, que van desde fugas, explosiones e incendios de pequeña escala hasta eventos que abarcan grandes áreas de zonas habitacionales o industriales.

Referente a las estaciones de servicio que despachan la venta de combustible para vehículos en el área sujeta a estudio (Figura 4.16), se contabilizan catorce (14) de las mismas, las cuales expenden 91 octanos, 95 octanos, diésel y gasoil. En la Tabla 4.14, se identifican las diferentes estaciones de servicio su ubicación y capacidad de los tanques de almacenamiento.

- **Sistema de Eléctrico**

El área Metropolitana de Mérida se surte de 3 subestaciones de 115 KV (Mérida 1, Mérida II y Ejido), 17 circuitos de 13,8 KV y 3 circuitos de 34,5 KV que nacen en las subestaciones de Mérida II y Ejido, los cuales alimenta las subestaciones de San Jacinto y 5 Águilas Blancas. La red eléctrica de la ciudad de Mérida cubre principalmente al municipio Libertador, alcanzando otros municipios como Santo Marquina (Tabay) y municipio Campo Elías (Ejido), con quien comparte carga por medio de la subestación de Ejido. Este organismo cuenta con una fuente principal generadora de electricidad ubicada en el municipio Cardenal Quintero específicamente en la población de Santo Domingo *Hidroeléctrica Antonio José de Páez*, dicha Hidroeléctrica alimenta a las sub estaciones Mérida 1 (Belensate) Mérida 2 (Vallecito), cada sub estación cuenta con sus respectivos ramales que alimentan las misma (Márquez, 2009).

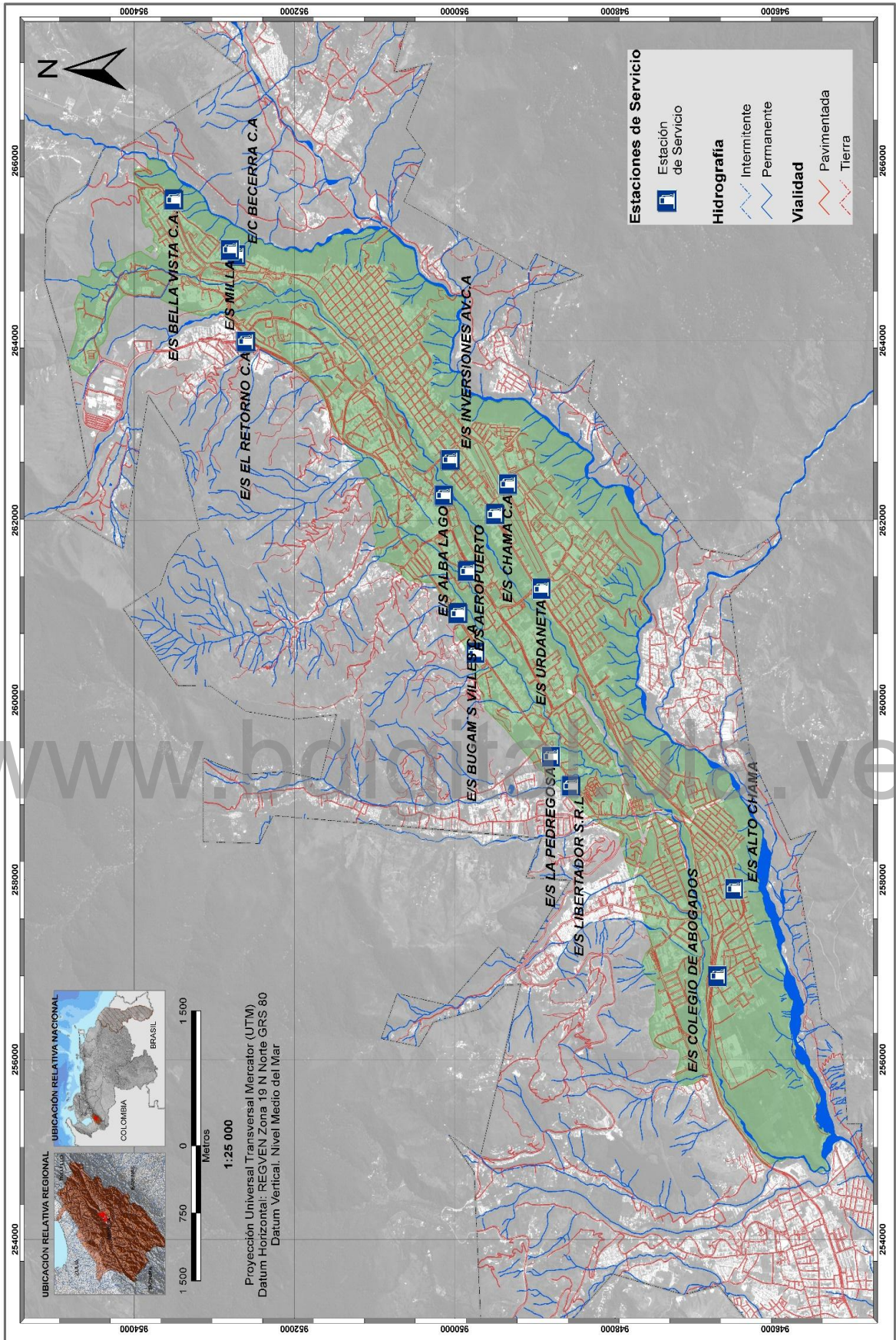


Figura 4.16. Ubicación de las estaciones de servicio en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14. Estaciones de Servicio en el área de estudio

NOMBRE	DIRECCIÓN	PRODUCTO	CANTIDAD
E/S LIBERTADOR S.R.L	Av. Los Próceres, Frente al Cementerio la Inmaculada	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Diesel)	(100.000 L) (100.000 L) (50.000 L)
E/S LA PEDREGOSA	Av. Los Próceres, Sector La Pedregosa	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Diesel)	(68.000 L) (68.000 L) (34.000 L)
E/S URDANETA	Av. Urdaneta	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Gasoil)	(220.000 L) (85.000 L) (70.000 L)
E/S CHAMA C.A.	Av. 16 de septiembre N°45-B1	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos)	(70.000 L) (70.000 L)
E/S AEROPUERTO	Av. Urdaneta N°45-95, al lado del aeropuerto	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos)	(5.000 L)
E/S LOS PROCERES	Av. Los Próceres Sector Santa Bárbara	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Gasoil)	(86.000 L) (43.000 L) (43.000 L)
E/S LAGO AMERICA S/N	Av. Las Américas, Sector Santa Bárbara	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Diesel)	(36.000 L) (36.000 L) (36.000 L)
E/S BUGAM'S VILLES C.A.	Av. Los Próceres, Sector Santa Bárbara	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Diesel)	(70.000 L) (70.000 L) (35.000 L)
E/S INVERSIONES AV.C.A.	Av. Urdaneta Sector El Encanto	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos)	(70.000 L) (35.000 L)
E/S ALBA LAGO	Av. Las Américas Sector Los Samanes	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos)	(105.000 L) (105.000 L)
E/S EL RETORNO C.A S/N	Av. Los Próceres con Av. Alberto Carnevali	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos)	Valores no fijados
E/C BECERRA C.A/S/N	Avenida 1, Sector Hoyada de Milla, con calle 4	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Gasoil)	(3.000 L), (3.000 L), (3.000 L)
E/S MILLA	Sector Milla, Av Hoyada de Milla	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos), (Gasoil)	(72.000 L), (36.000 L), (36.000 L)
E/S BELLA VISTA C.A.	Av. 1 Hoyada de Milla N°0-49 Vuelta de Lola	Combustible para Vehículo (91 Octanos), (95 Octanos)	(100.000 L), (50.000 L)

Fuente: Elaboración Propia

- **Mérida I:** La cual atiende a los suscriptores de las Parroquias Milla, Sagrario, Jacinto Plaza y Parte de la Spinetti Dini.
- **Mérida II:** Atiende a las Parroquias, el Llano, Domingo Peña, Mariano Picón Salas, Caracciolo Parra Pérez, Lasso de la Vega, J.J. Osuna R. y parte de la Parroquia Juan Rodríguez Suárez.

Todas estas subestaciones alimentan 25 circuitos, de los cuales 17 de ellos son Urbanos y los demás son rurales. Normalmente cada circuito tiene una nomenclatura donde se le da un número a cada circuito y se debe hacer referencia a la subestación que lo alimenta, además de esto cada circuito tiene un nombre referencial el cual por lo general está relacionado con un lugar al cual este alimenta.

El sistema de red eléctrica exterioriza una operación óptima en condiciones normales, pero al incluir la variable riesgo, se evidencian una serie de deficiencias. En el caso de sismos de mediana o gran intensidad, la red podría presentar una cadena de averías, esto debido su ubicación en sitios bajo amenaza; así como también para la distancia existente entre el punto de alimentación y la distribución domiciliaria.

4.1.4. Factores de Fragilidad Socioeconómica que condicionan la sensibilidad sísmica

La Ordenanza de Adecuación del Servicio de Aseo Urbano y Domiciliario del municipio Libertador del estado de Mérida, adecua los pagos de impuestos por categorización sobre las características y condiciones socio-económicas de cada parroquia, detallando por zonas domiciliarias, desde la sectorización más alta que va desde 5,3 U.C.T.S. (Unidad Cestaticket Socialista) a la más baja que es de 1,6 U.C.T.S. (Tabla 4.15).

Tabla 4.15. Clasificación de la Categorización económica por zonas Urbanas, conforme a la Ordenanza de Adecuación del Servicio de Aseo Urbano y Domiciliario del municipio Libertador

CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DOMICILIARIAS	TARIFA DEL SECTOR DOMICILIARIO POR NIVEL ECONÓMICA (U.C.T.S.)
A	5,3
B	3,2
C	2,1
D	1,6

U.C.T.S. Unidad Cestaticket Socialista

Fuente: Elaboración Propia, sobre la base de la Ordenanza

En las parroquias dentro del área de estudio estas zonas son representadas a nivel de sub-sectores socioeconómico (Apéndice C), predominando en un 66,65 % de la superficie, la zona B (Figuras 4.17 y 4.18), que a efectos de la presente investigación se relaciona con un estrato social medio-alto (Tabla 4.16).

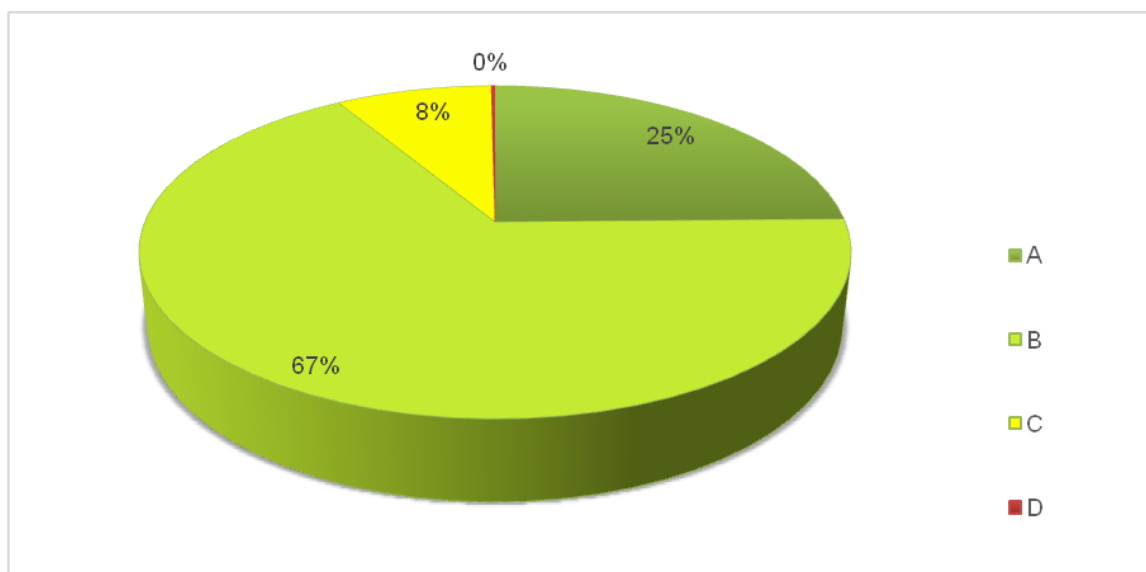


Figura 4.17. Distribución de las zonas domiciliarias en el área de estudio

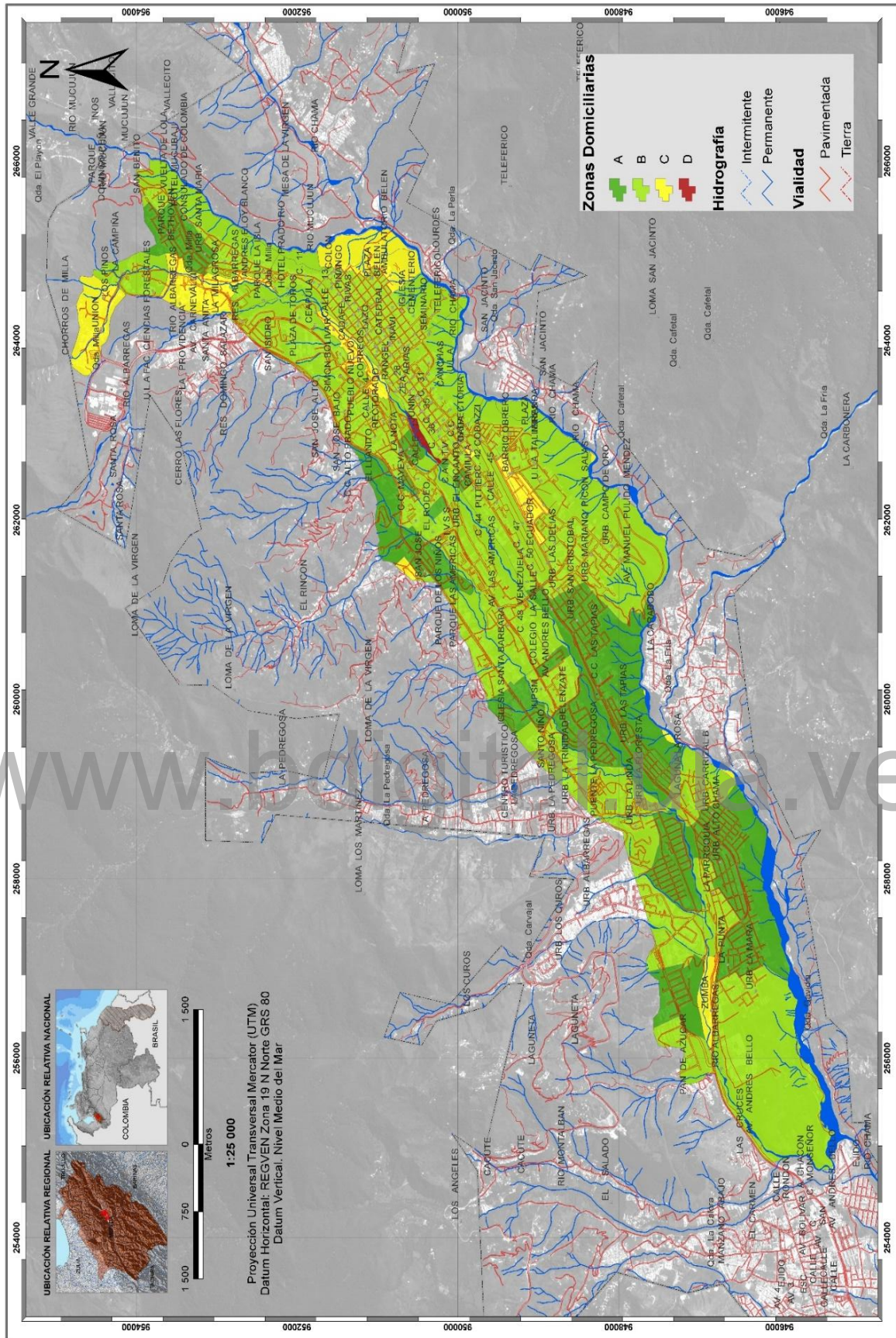
Tabla 4.16. Superficies ocupadas por zonas domiciliarias

CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DOMICILIARIAS	ESTRATOS SOCIALES ASUMIDOS*	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
A	Alto	595,89	24,70
B	Medio-Alto	1.607,70	66,65
C	Medio	203,81	8,45
D	Bajo	4,90	0,20
Total		2.412,30	100,00

*Asumidos en la presente investigación

Fuente: Elaboración Propia

La relación entre los estratos sociales y la fragilidad económica se deja de manifiesto cuando comunidades de bajos ingresos, cuya densidad de población aumenta rápidamente al tiempo que se extienden, pueden representar un sector más vulnerable ante un evento sísmico, debido a la tipología constructiva que predomina en estos sectores y la baja educación sobre la gestión de riesgos, en donde además puede no preverse la formulación o implementación de políticas, planes y programas para la gestión de riesgos, por parte de las autoridades competentes. Es así como las zonas domiciliarias catalogadas como D, se constituyen como sectores de "prioridad social", a la hora de la gestión integral de riesgos o eventos naturales extremos.



Fuente: Elaboración Propia, sobre la base de la Ordenanza de Adecuación del Servicio de Aseo Urbano y Domiciliario del municipio Libertador

Figura 4.18. Ubicación de las estaciones de servicio en el área de estudio

4.1.5. Factores Institucionales que condicionan la sensibilidad sísmica

Estos factores representan la Capacidad de Atención, Respuesta y Recuperación en el área de estudio; Cardona (2001, citado por Jaramillo, 2014) asocia esta capacidad con la falta de resiliencia de la sociedad, considerándola como uno de los factores con incidencia en el riesgo (físico) de desastre, para una ciudad. En el caso de un evento sísmico en particular, el número de heridos podría a su vez condicionar o afectar esta capacidad.

Jaramillo (2014) determinó que el número de personas que residen en cada edificación, el porcentaje de ocupación en cada edificio y el porcentaje de ocupantes del edificio que quedan atrapados por su colapso serían los parámetros para estimar víctimas post-terremoto para eventos sísmicos de intensidades VIII y IX, a media noche en el municipio Libertador, obteniéndose que el número de fallecidos para una intensidad sísmica de VIII es, en casi todas las parroquias de la ciudad de Mérida, menor a 25 fallecidos por cada mil habitantes. Sin embargo, una sola parroquia (Sagrario) sobrepasa ligeramente ese límite. Para intensidad de IX en la mayoría de las parroquias de la ciudad (7 de 11), dicho descriptor es mayor a 50 fallecidos cada mil habitantes (Tabla 4.17). De esto se tiene que para el escenario de intensidad sísmica VIII, aproximadamente el 12% de la población quedaría sin hogar, mientras que, para una intensidad de IX la cantidad asciende a un 30% de la población analizada.

Tabla 4.17. Descriptores de riesgo físico sísmico Fallecidos y Heridos por parroquias de la ciudad de Mérida para las intensidades sísmicas de VIII y IX

PARROQUIA	DESCRIPTOR DE RIESGO FÍSICO SÍSMICO			
	FALLECIDOS (‰)		HERIDOS (‰)	
	VIII	IX	VIII	IX
Antonio Spinetti Dini	8,0	54,0	6,2	41,1
Arias	9,1	48,3	9,4	48,8
Caracciolo Parra Pérez	7,6	52,0	6,3	43,1
Domingo Peña	17,4	101,3	12,9	74,9
El Llano	13,0	77,6	12,9	70,5
Juan Rodríguez Suárez	0,4	9,1	0,3	6,0
Lasso de la Vega	0,6	4,1	0,4	2,9
Mariano Picón Salas	0,6	6,5	0,5	5,0
Milla	15,1	97,4	13,3	82,8
Osuna Rodríguez	8,2	57,0	5,2	36,4
Sagrario	33,3	164,1	35,2	169,0

Fuente: Jaramillo (2014)

Los altos porcentajes de fallecidos y heridos en el municipio Libertador, se podrían relacionar tanto con las notorias condiciones de pobreza de la población que ocupa las áreas con condiciones geodinámicas desfavorables que acentuarían la gravedad de las consecuencias del evento sísmico, así como con las amenazas y vulnerabilidades en el área político-administrativo y la gestión de riesgos del municipio Libertador (identificadas por el Proyecto Prevenimos Desastres Planificando Seguro, 2016):

- Ausencia de continuidad de las políticas públicas, proyectos y programas emprendidos por los gobiernos municipales y otras instituciones existentes en el municipio.
- Desplazamiento o secuestro, por parte del gobierno central, de las competencias propias del municipio por razones políticas.
- Debilidades institucionales vinculadas a la crisis de gobernabilidad que afecta al país en la actualidad.
- Insuficiente coordinación entre los actores institucionales que operan en el municipio.
- Ausencia de proyectos para el fortalecimiento institucional en los Planes Operativas Anuales de la municipalidad.
- Insuficiente aplicación de los instrumentos municipales que regulan la planificación y la gestión urbana.
- Incumplimiento de las políticas pertinentes a la asignación y transferencia de recursos (situado constitucional) del nivel de gobierno nacional, condición que restringe el cumplimiento adecuado de los programas y proyectos municipales.
- Limitaciones en la eficiencia de las acciones del gobierno local, a partir de problemas no resueltos en la estructura burocrática.
- Falta de una visión sistémica, transversal e integradora vinculada a los riesgos ante desastres siconaturales y tecnológicos.
- Desarticulación institucional con respecto al estudio, análisis y aplicación de medidas en el ámbito de los riesgos en el contexto del municipio Libertador.
- Falta de recursos humanos, materiales y financieros para apuntalar los estudios vinculados a la caracterización de amenazas o la actualización de este conocimiento.
- Actuaciones episódicas y espasmódicas en cuanto a la atención de los eventos adversos.
- Falta de seguimiento y evaluación de los planes y estrategias aplicados al sector.
- Evidencia de falta de continuidad en aquellas acciones que han arrojado resultados.

- Desaprovechamiento del potencial científico del que dispone la academia merideña en el campo de la gestión del riesgo.
- Choque de agendas en cuanto a las prioridades de acción.
- Construcción acelerada del riesgo por parte no sólo de la propia acción de los habitantes del municipio sino del mismo Estado que propicia la intervención de zonas sin evaluaciones sobre el riesgo ante desastres o en otras claramente calificadas como riesgosas.
- Legislación laxa en materia de cumplimientos urbanos, retiros, construcción y otros aspectos referidos a la ocupación del territorio y la edificación en tales espacios.
- Pervivencia de una percepción cultural del riesgo asociado a factores míticos y/o religiosos que pueden inmovilizar la acción consciente de la ciudadanía en el campo de la prevención.
- Claro efecto negativo del burocratismo y de la corrupción en el cumplimiento de las normas.

4.2. Zonas de Sensibilidad Sísmica

Como fue planteado en el Capítulo II, la sensibilidad sísmica representa el potencial de afectación que pueden sufrir los componentes ambientales, principalmente la población y sus servicios vitales como resultado de un evento sísmico. Este potencial viene definido por la relación entre los factores geodinámicos, de exposición, de fragilidad socioeconómica e institucionales, cada uno de estos en una determinada proporción (peso). Conforme a esto, a continuación se expresan los siguientes resultados.

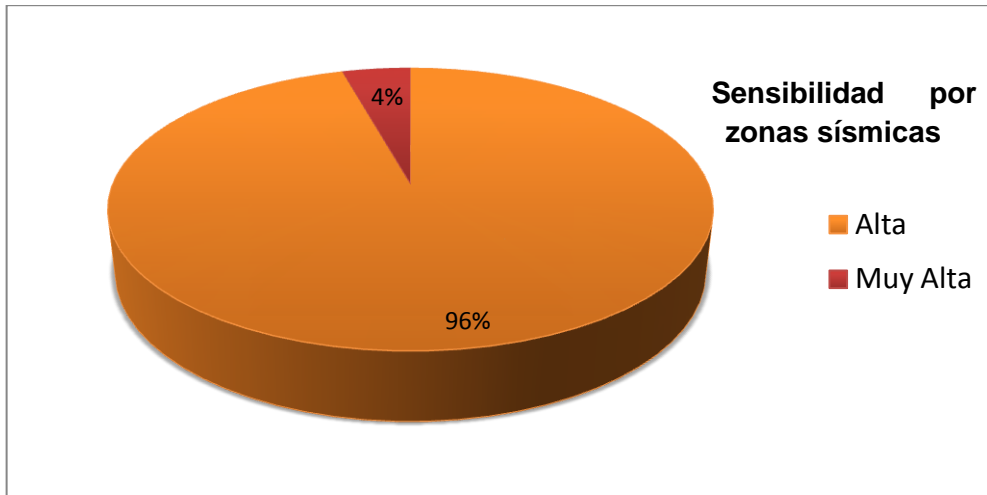
4.2.1. Sensibilidad de los factores geodinámicos

Estos vienen representados por la microzonificación sísmica, las fallas geológicas y los movimientos de masa, en este sentido se tiene que en el área de estudio las sensibilidades muy altas y altas por zonas sísmicas se distribuyen en 4,20% y 95,80% respectivamente (Tabla 4.18 y Figuras 4.19 y 4.20).

Tabla 4.18. Superficies de la sensibilidad por zonas sísmicas en el área de estudio

SENSIBILIDAD POR ZONIFICACIÓN SÍSMICA	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Alta	2.310,87	95,80
Muy Alta	101,43	4,20
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia

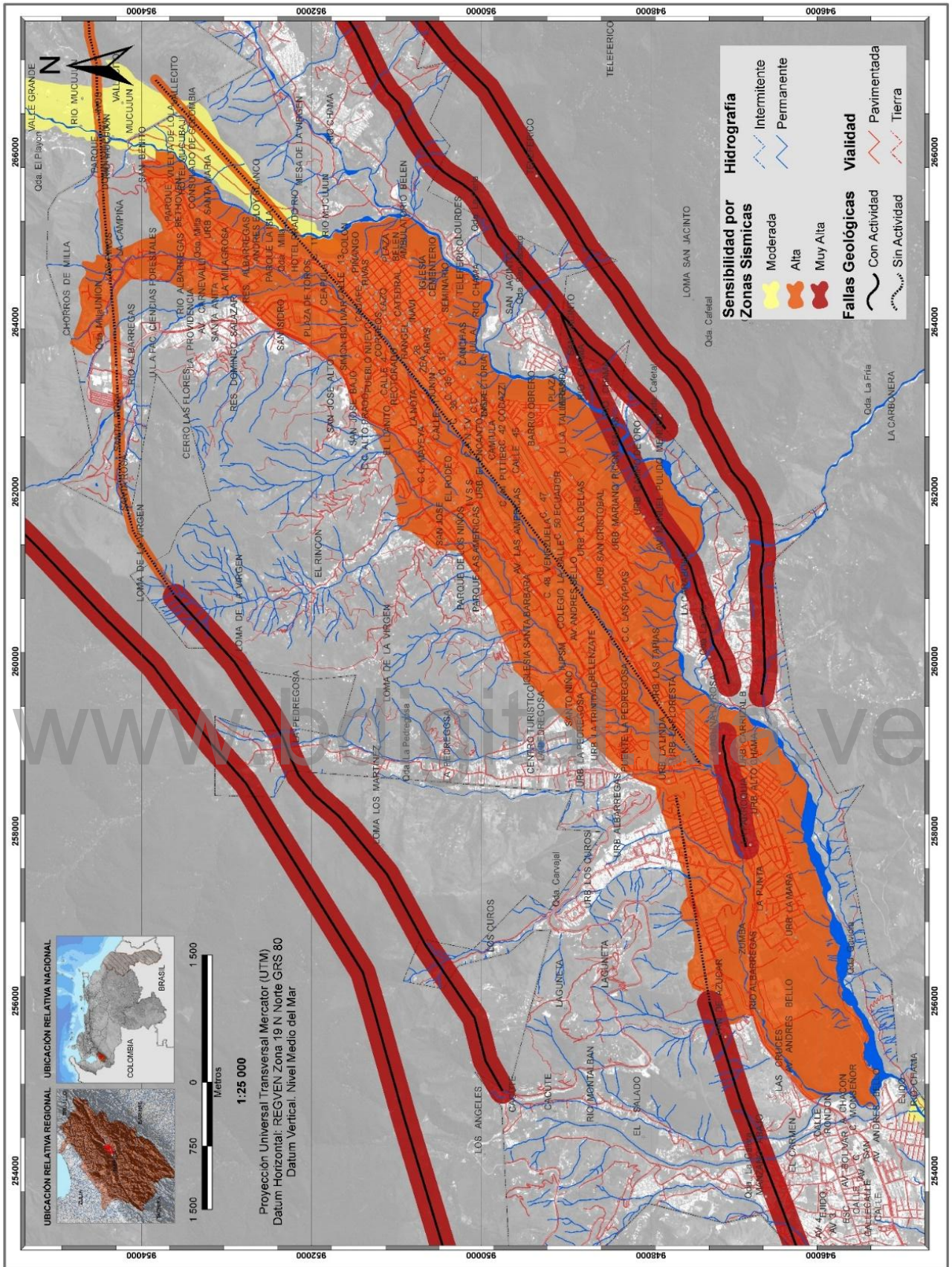


Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.19. Distribución de la sensibilidad por zonas sísmicas en el área de estudio

La sensibilidad alta por zonas sísmicas, se manifiesta en áreas como La Mara, La Mata, La Linda, Alto Chama, La Parroquia, Zumba, y Los Curos, en todas estas zonas predominan los depósitos de naturaleza fluvial, con la alternancia de pequeños abanicos dentro de éste sistema, resultando zonas de estabilidad media que por sus características proporcionan al terreno condiciones de inestables, además de encontrarse inmersa una falla local pequeña. En sectores como La Alameda, Carrizal B, Carrizal A, La Sabana, Las Tapias, Avenida Urdaneta, Santa Juana, La Hacienda, Avenida Andrés Bello, Mariano Picón Salas, San Cristóbal, Belensate, Las Delicias, Humboldt, Campo De Oro, Pie De Monte, Santa Elena, esta sensibilidad viene determinada por un cambio abrupto de la pendiente, como resultado de un salto de falla, a partir del cual comienza la depositación hacia el sur. Los sectores más afectados (por estar ubicados en áreas de muy alta sensibilidad) son Campo de Oro, Avenida Manuel Pulido Méndez, río Chama San Jacinto, Urbanización Santa Elena, son zonas inmersas en un plano de falla con gran actividad sísmica (Falla de Boconó).

En el caso de la sensibilidad por movimientos de masa, se tiene que las características físicas del entorno mantienen actualmente procesos de movimientos en masa activos y latentes relacionados con fenómenos hídricos y geomorfológicos que se constituyen como amenaza potencial sobre la población, no obstante la pendiente que predomina en la zona de estudio es el factor determinante para este factor, obteniéndose que en el área predomina la sensibilidad baja a movimientos de masa, con un 73,23 % (Tabla 4.19 y Figuras 4.21 y 4.22).



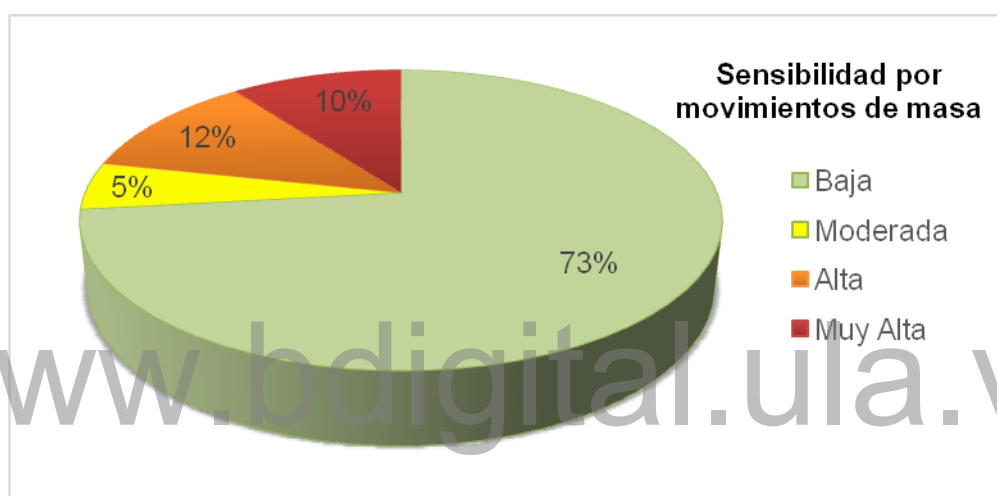
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.20. Sensibilidad por zonas sísmicas en el área de estudio

Tabla 4.19. Superficies de la sensibilidad por movimientos de masa en el área de estudio

SENSIBILIDAD POR MOVIMIENTOS DE MASA	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja	1.766,53	73,23
Moderada	123,39	5,12
Alta	275,32	11,41
Muy Alta	247,06	10,24
Total	2.412,30	100,00

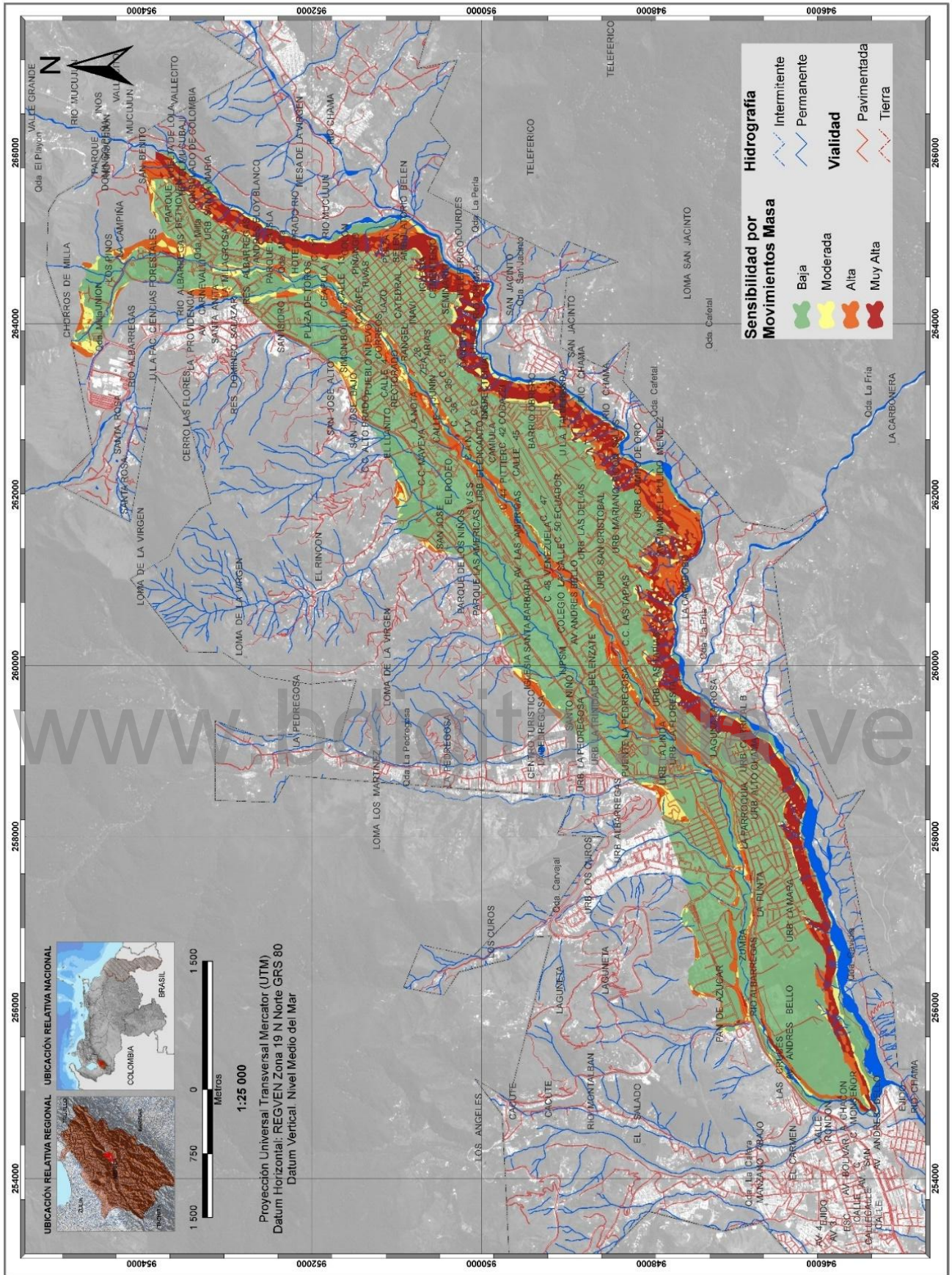
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.21. Distribución de la sensibilidad por movimientos de masa en el área de estudio

El nivel de sensibilidad moderada ocupa la parte de las vertientes de la Asociación Sierra Nevada y la Formación Sabaneta, en secciones medias y altas de las subcuencas que drenan hacia las zonas urbanas. Incluye las secciones con menor pendiente especialmente en áreas de colinas y divisorias de agua y representan el 5,12% de la superficie bajo análisis (123,39 ha). Mientras que los factores más limitantes en el área bajo estudio (sensibilidades altas y muy altas), suman un área total de 522,38 ha que se localizan en los taludes de la terraza de Mérida y puntualmente en secciones de vertientes inclinadas y muy inclinadas. Estos niveles de susceptibilidad a movimiento en masa representan las áreas muy activas e inestables, consideradas como críticas ya que representan las zonas con fuertes restricciones para su ocupación y uso.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.22. Sensibilidad por movimientos de masa en el área de estudio

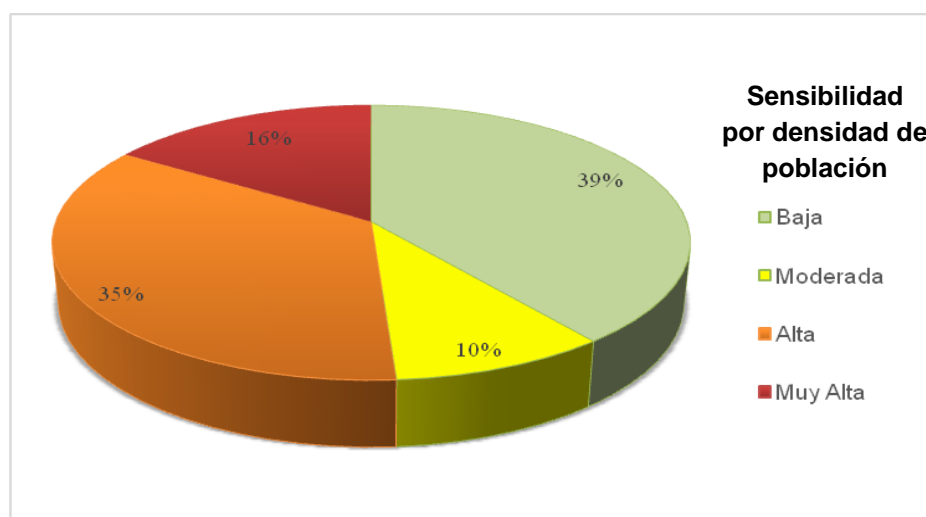
4.2.2. Sensibilidad de los factores de exposición

Estos son condicionados por la densidad de población, ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza, índice de destrucción de viviendas, distribución de líneas vitales en el área de estudio. En el caso de la densidad de población como un factor que condiciona la sensibilidad sísmica, se tiene que la sensibilidad muy alta se distribuye en el 15,97% (que representan los sectores con una densidad máxima bruta de 300 - 350 hab/km²), la sensibilidades altas (densidad máxima bruta de 150-250 hab/km²) y moderadas (densidad máxima bruta de 100 hab/ km²) abarcan el 35,12% y 9,56%, respectivamente; mientras que la sensibilidad baja (densidad máxima bruta de 50 a 100 hab/km² y áreas protegidas y de uso restringido) alcanza el 39,36% (949,40 ha), tal como se presenta en la Tabla 4.20 y Figuras 4.23 y 4.24.

Tabla 4.20. Superficies de la sensibilidad por densidad de población en el área de estudio

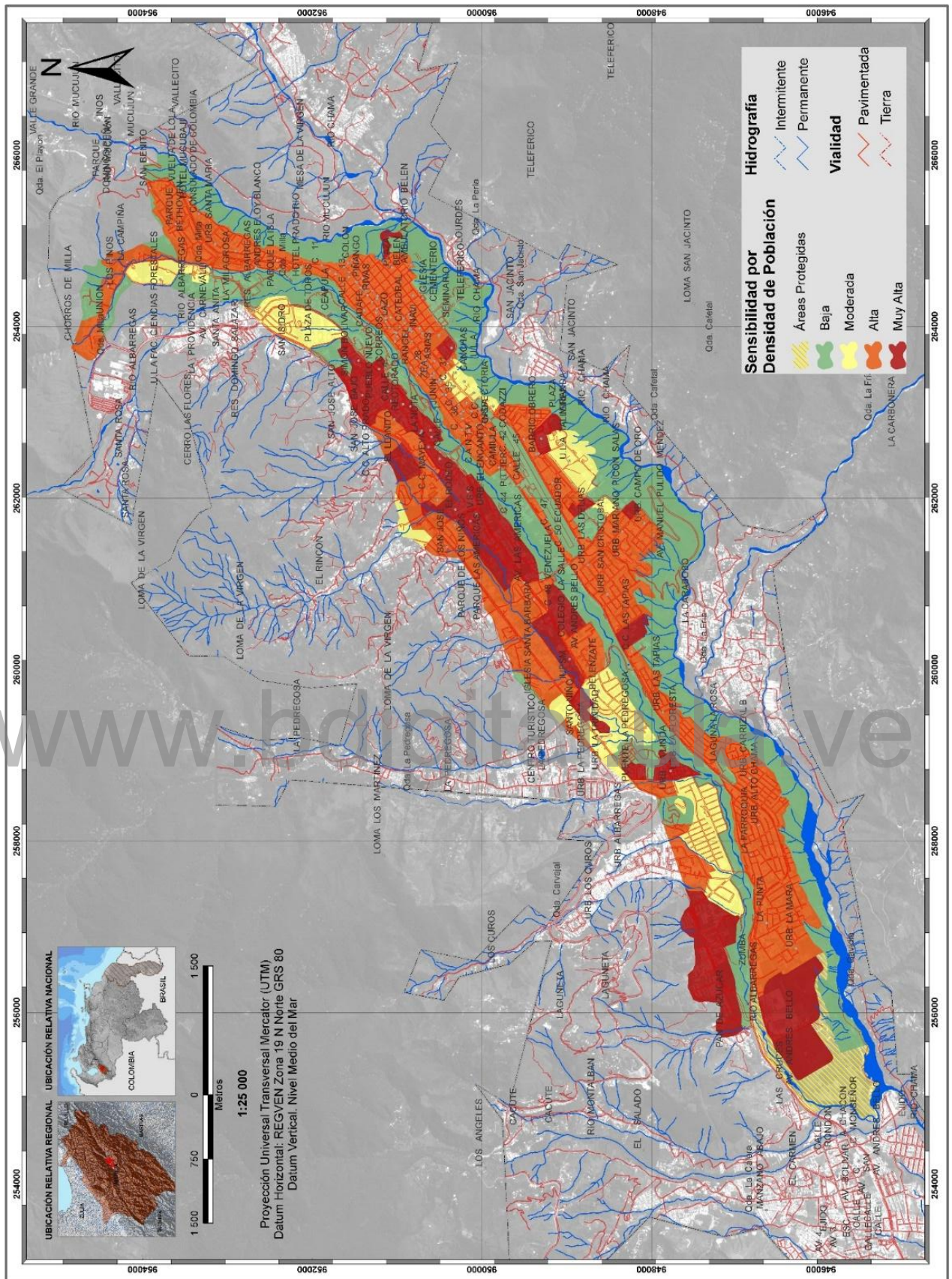
SENSIBILIDAD POR DENSIDAD DE POBLACIÓN	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja	949,40	39,36
Moderada	230,56	9,56
Alta	847,20	35,12
Muy Alta	385,14	15,97
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23. Distribución de la sensibilidad por densidad de población en el área de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.24. Sensibilidad por densidad de población en el área de estudio

La sensibilidad baja constituye zonas pocas urbanizadas y áreas protegidas ubicadas a lo largo del río Albarregas, y el extremo sur del municipio. La zona de sensibilidad moderada va desde la Urbanización la Mata, Pedregosa Sur, Urbanización Belensate, Humboldt, Barrio Tricolor, hasta la Urbanización Santa Ana.

La sensibilidad alta, se distribuye desde la intersección de las Av. Andrés Bello y Urdaneta, viaducto Sucre, la Av. 16 de Septiembre, cuyos desarrollos se caracterizan por viviendas de interés social y desarrollos no controlados, Pie del Llano, que permiten el acceso hacia la Urb. Santa Juana, que orienta la senda hacia el sector Chama, en este nivel también está el nodo de transición ubicado en la intersección del Viaducto Miranda con Av. Don Tulio Febres Cordero, esta senda sigue su recorrido por la Av. Urdaneta cuyos usos son residenciales y comerciales. Al atravesar toda la Av. 3 Independencia prevalece el uso comercial mezclado con el residencial, constituyéndose esta senda en un área de actividad múltiple, consolidada, densificada y cien por ciento ocupada; donde además, se ubican los hitos y espacios importantes, que caracterizan la memoria histórica y urbana de la ciudad. El casco central en el que se encuentra la Plaza Bolívar, la Catedral, la Gobernación y el Rectorado de la Universidad de los Andes, que definen hitos y sitios de encuentro en todo este ámbito central. Las plazas de Milla, Belén, El Espejo, Las Heroínas, El Llano, Glorias Patrias, Las Tres Mérida y la Plaza Bolívar de La Parroquia, también son consideradas.

La sensibilidad muy alta se distribuye en la Av. Las Américas y desarrollos espontáneos que se han consolidado con el pasar del tiempo como, residencias Rosa E, El Campito, Cardenal Quintero, Urbanización Alto Prado, San José Bajo con muy altas densidades; urbanización Los Sauzales, Los Pinos, Urbanización Independencia, El Bosque, Las Flores, Mocotíes. Además de áreas de servicios industriales, mezclando este uso con las residencias La Trinidad.

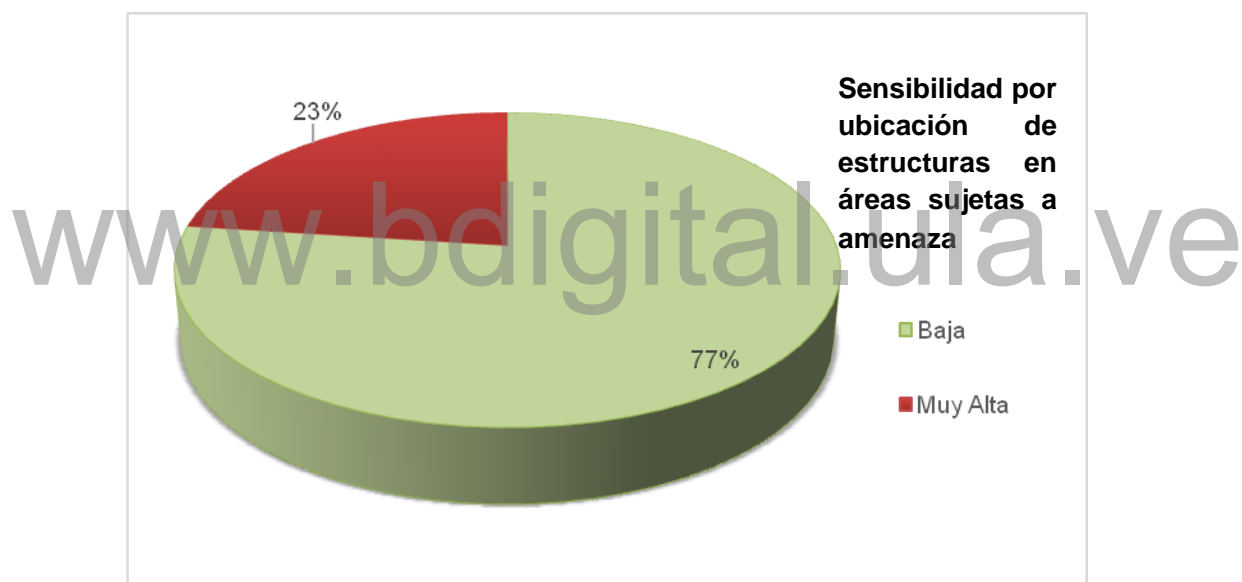
En cuanto a la sensibilidad por ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza, los asentamientos que se encuentran sobre las terrazas (sitios planos de origen aluvial con una pendiente suave de 5 a 10%), representan el nivel de sensibilidad baja y abarcan el 77,05 % (1.858,62 ha); mientras que los asentamientos ubicados sobre los taludes de las terrazas en los que la situación tiende a agravarse (puesto que a los problemas de ubicación sobre la terraza hay que sumar la alteración del equilibrio ecológico al eliminar la vegetación sobre pendientes muy fuertes entre 55% y 85%), representan las áreas de muy alta

sensibilidad ocupando un 22,95 % (553,73 ha), tal como se observa en la Tabla 4.21 y Figuras 4.25 y 4.26.

Tabla 4.21. Superficies de la sensibilidad por ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza en el área de estudio

SENSIBILIDAD POR UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS EN ÁREAS SUJETAS A AMENAZA	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja	1.858,62	77,05
Muy Alta	553,73	22,95
Total	2.412,30	100,00

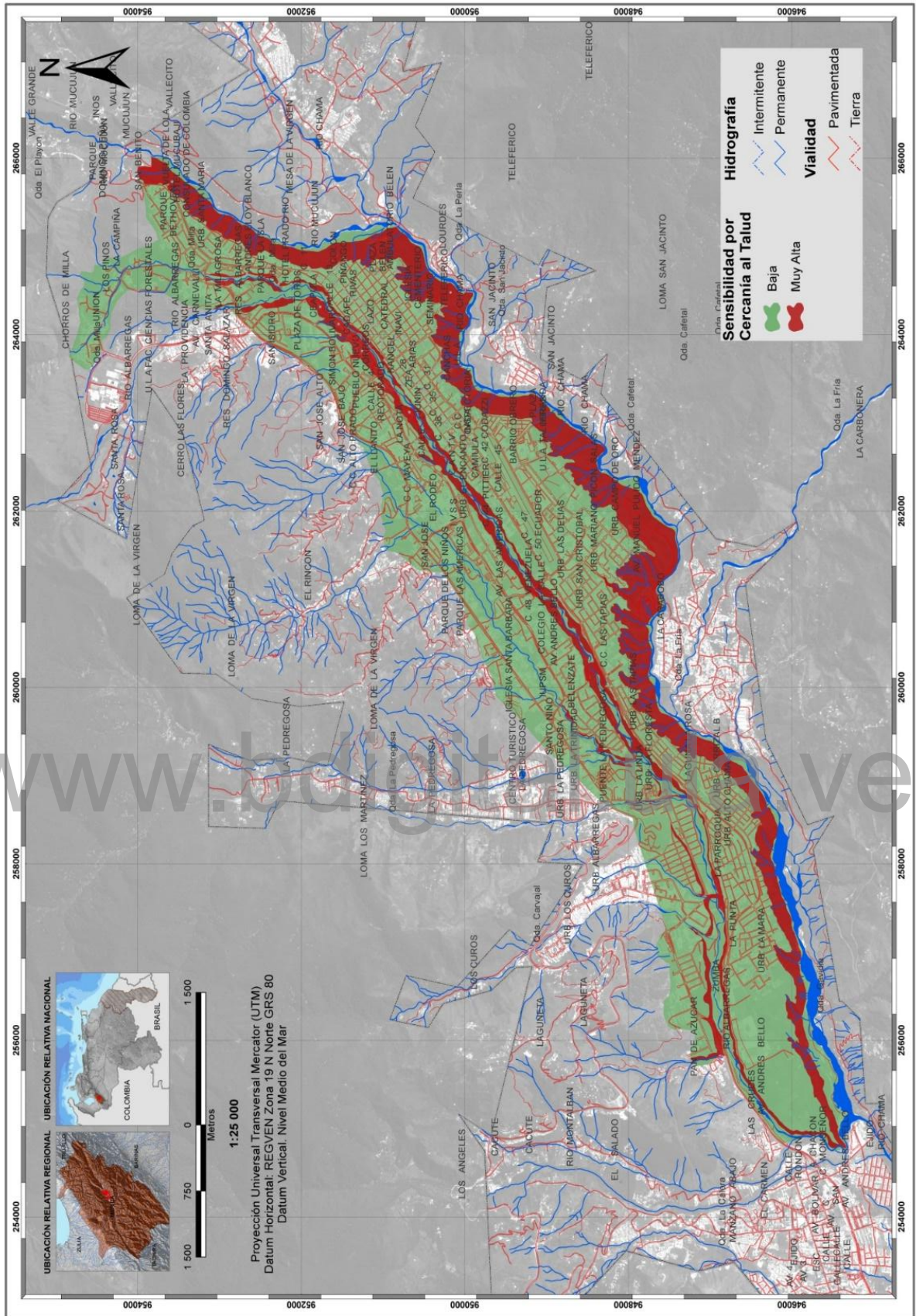
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.25. Distribución de la sensibilidad por ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza en el área de estudio

En lo que respecta a la sensibilidad por destrucción de viviendas (Tabla 4.22 y Figuras 4.27 y 4.28), el 71,41 % del área es considerada de baja sensibilidad (1.722,71 ha) y se corresponde con las áreas relativamente estables en la Terraza de Mérida, incluyen las parroquias, Juan Rodríguez Suarez Mariano Picón Salas, Caracciolo Parra y Laso de la Vega, en donde la vulnerabilidad física de las edificaciones se considera relativamente baja ($ID \leq 0,10$ y área del talud donde no se emplaza viviendas).



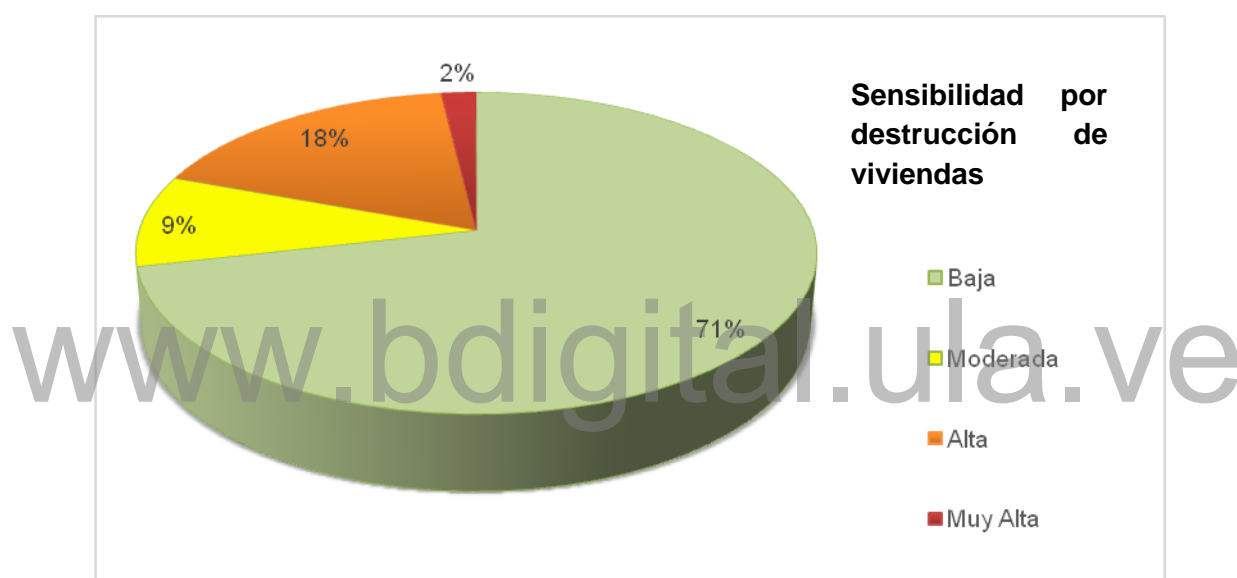
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.26. Sensibilidad por ubicación de estructuras en áreas sujetas a amenaza en el área de estudio

Tabla 4.22. Superficies de la sensibilidad por destrucción de viviendas en el área de estudio

SENSIBILIDAD POR DESTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja	1722,71	71,41
Moderada	222,22	9,21
Alta	421,22	17,46
Muy Alta	46,15	1,91
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia

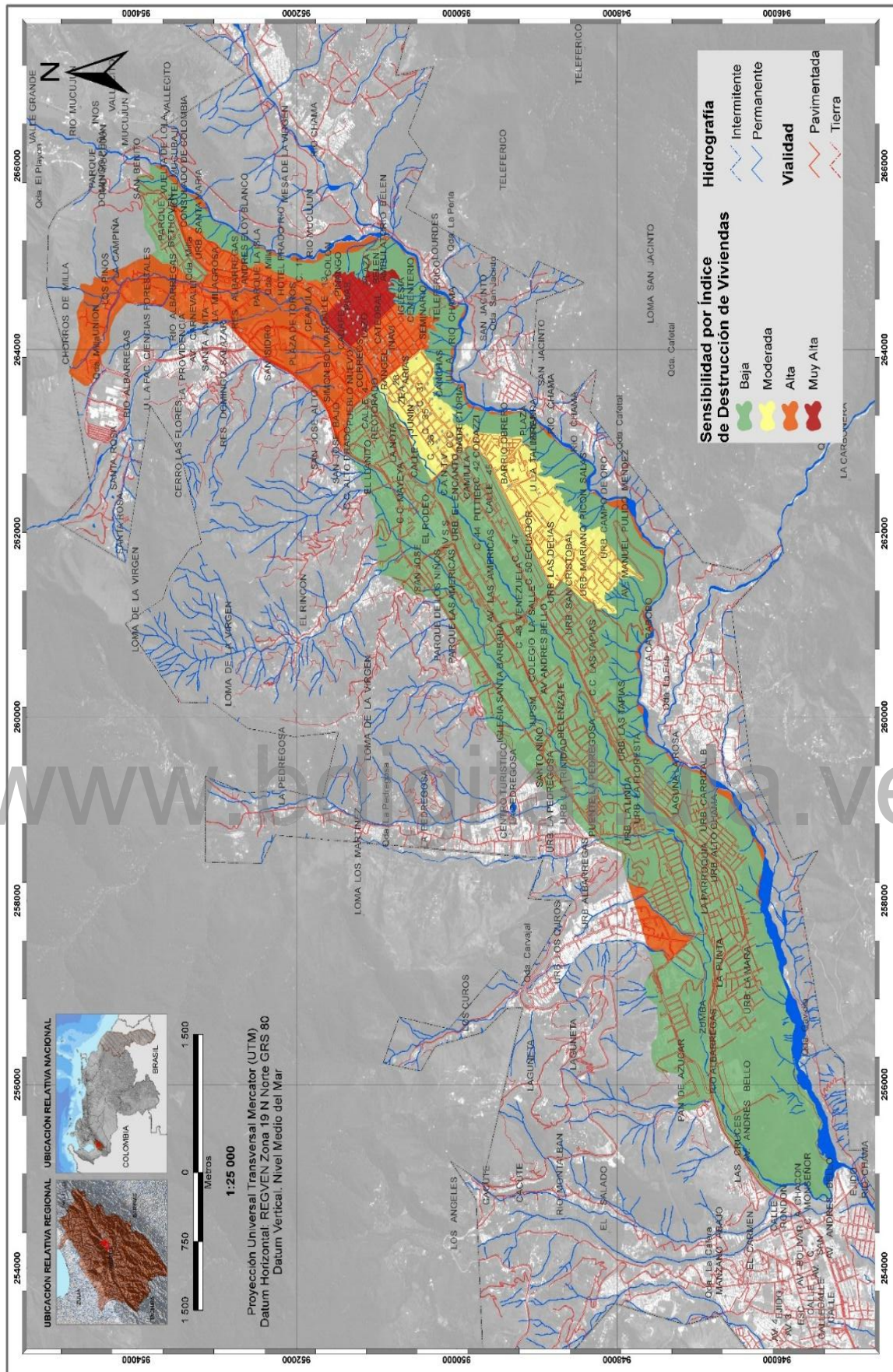


Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.27. Distribución de la sensibilidad por destrucción de viviendas en el área de estudio

La sensibilidad moderada (con $0,10 < ID \leq 0,15$) cubre el 9,21% del área (222,22 ha), la sensibilidad alta (con $0,15 < ID \leq 0,25$) abarca el 17,46 % (421,22 ha) y la situación más desfavorable para el comportamiento de las construcciones en caso de temblor ($ID \geq 0,25$), la sensibilidad muy alta, se extiende en el 1,91 % (46,15 ha).

En lo que respecta a la sensibilidad de las líneas vitales (referida al potencial de afectación sobre servicios básicos y accesibilidad en momentos de un evento adverso; que constituyen instalaciones críticas: como acueductos, vialidad, líneas de alta tensión y estaciones de gas-combustible), se obtuvo que el nivel de sensibilidad



Fuente: Elaboración Propia

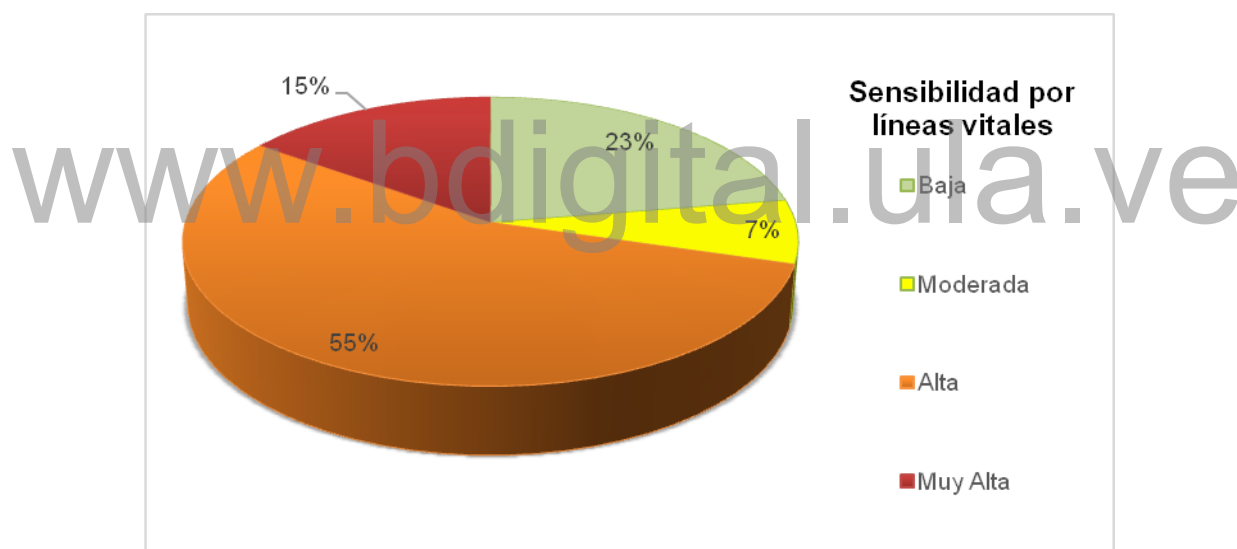
Figura 4.28. Sensibilidad por destrucción de viviendas en el área de estudio

alta ocupa el 55,33 % (1.334,68 ha) del área en estudio, seguido por el de sensibilidad baja con 22,45 % (541,58 ha) y sensibilidad muy alta y moderada con 15,09 (364,07 ha) y 7,13 % (171,97), respectivamente (Tabla 4.23 y Figuras 4.29 y 4.30).

Tabla 4.23. Superficies de la sensibilidad por líneas vitales en el área de estudio

SENSIBILIDAD POR LÍNEAS VITALES	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja	541,58	22,45
Moderada	171,97	7,13
Alta	1.334,68	55,33
Muy Alta	364,07	15,09
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.29. Distribución de la sensibilidad por líneas vitales en el área de estudio

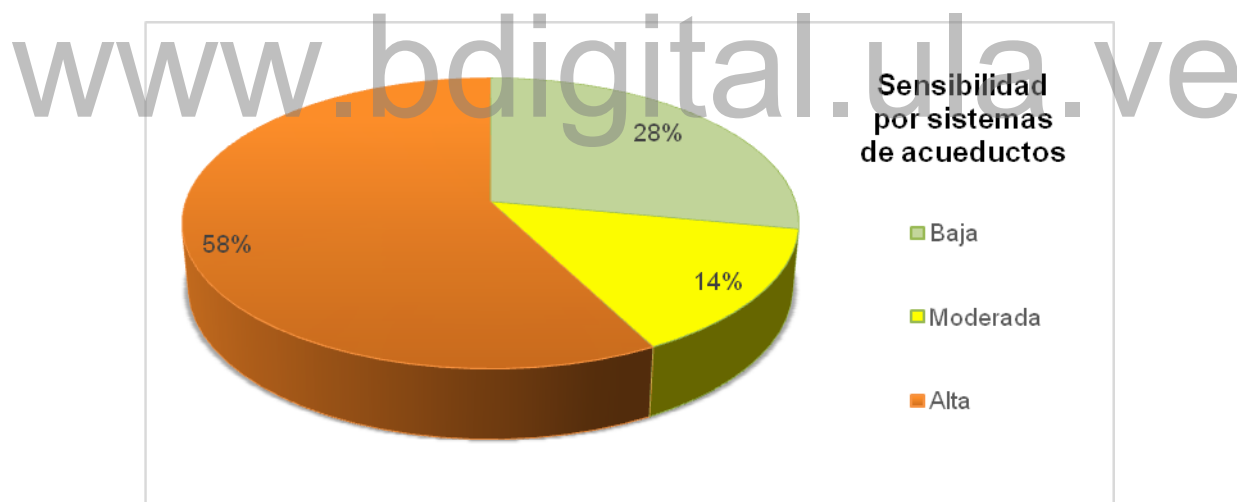
Si se analizan los factores que determinan esta sensibilidad, se tendría que en caso del sistemas de acueductos, la sensibilidad viene condicionada por los suscriptores de cada sistema y el número de fallas o roturas en su tubería principal (de acuerdo a la investigación de Astorga, 2011).

Así pues, la sensibilidad alta cubre los sectores de presión I (Milla), II (Don Tulio), VI (Depósito) y IV (San José), abarcando 57,66 % de la superficie (1.390,85 ha), como sensibilidad moderada se catalogan los sectores de presión V (Vuelta Lola) y X (La Parroquia), cubriendo 14,34 % (345,85 ha) y la sensibilidad baja comprende los sectores III (Los Corrales) y IX (Los Curos) con 28,01 % (675,6 ha) del área bajo estudio (Tabla 4.24 y Figuras 4.31 y 4.32).

Tabla 4.24. Superficies de la sensibilidad por sistemas de acueductos en el área de estudio

SENSIBILIDAD SISTEMAS ACUEDUCTOS	POR DE	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja		675,6	28,01
Moderada		345,85	14,34
Alta		1.390,85	57,66
	Total	2.412,30	100,00

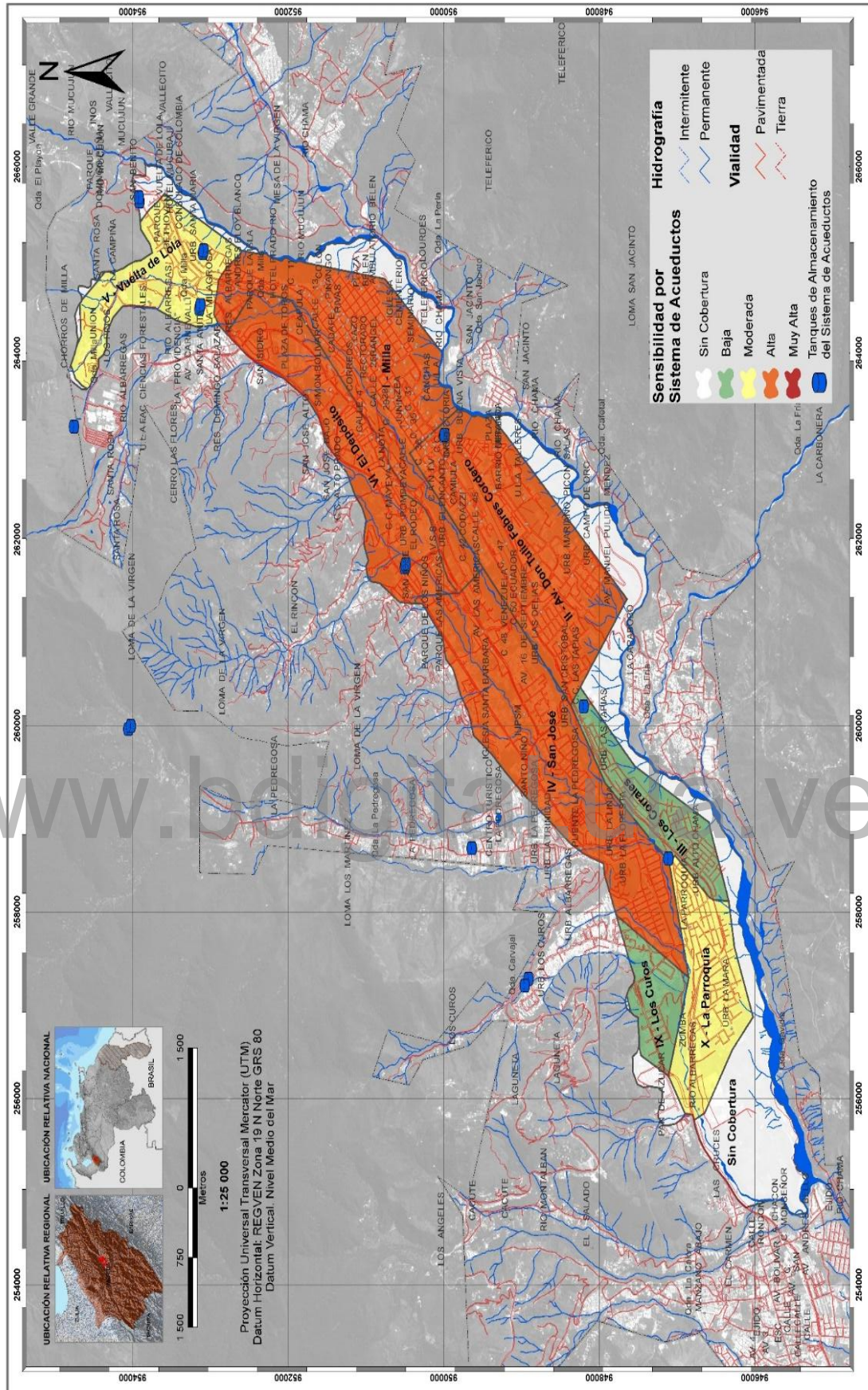
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.31. Distribución de la sensibilidad por sistemas de acueductos en el área de estudio

Estudiando el sistema vial, un colapso, aún parcial, de las avenidas y/o viaductos, traería funestas consecuencias por la falta de vías alternas y las ya saturadas calles principales, que en caso de emergencia sería aún más crítico.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.32. Sensibilidad por sistemas de acueductos en el área de estudio

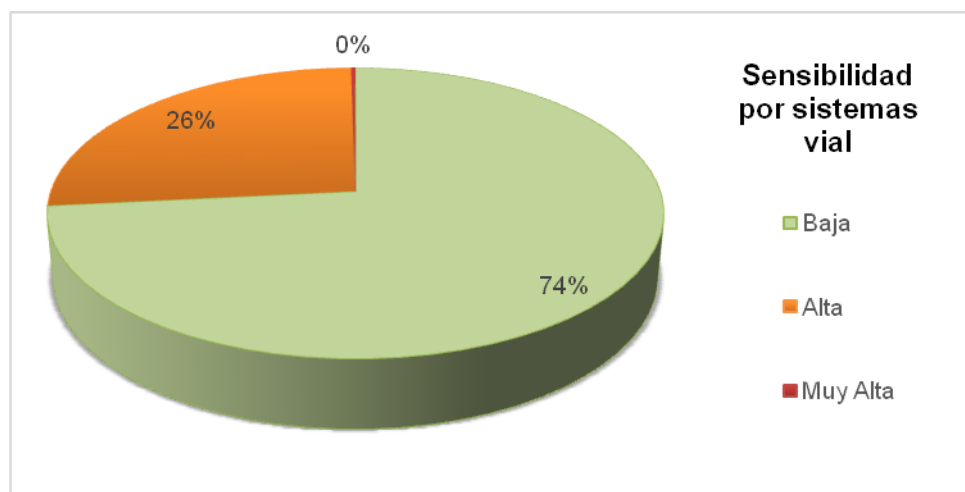
Un colapso, aún parcial, de las avenidas y/o viaductos, traería funestas consecuencias por la falta de vías alternas y las ya saturadas calles principales, que en caso de emergencia sería aún más crítico. La mayor parte de los daños ocurridos en los sistemas de comunicación, estarían concentrados en los viaductos y enlaces viales, siendo el caso más común los asentamientos producidos en los accesos, que pueden adquirir magnitudes tales que llegan a dañar los pilotes de la estructura.

En este sentido se tienen para el área en estudio que la sensibilidad vial se clasifica sólo en dos categorías muy alta y alta, representada la primera por los viaductos Sucre, Miranda y Campo Elías y los enlaces viales de la Plaza de Toros, vía Cruz Verde, Paseo Humboldt, Cementerio, Parroquia- Los Curos y Campo Claro, mientras que la última se correspondería a demás vías y calles; cubriendo así el % (ha) y % (ha), respectivamente (Tabla 4.25 y Figuras 4.33 y 4.34).

Tabla 4.25. Superficies de la sensibilidad por sistema vial en el área de estudio

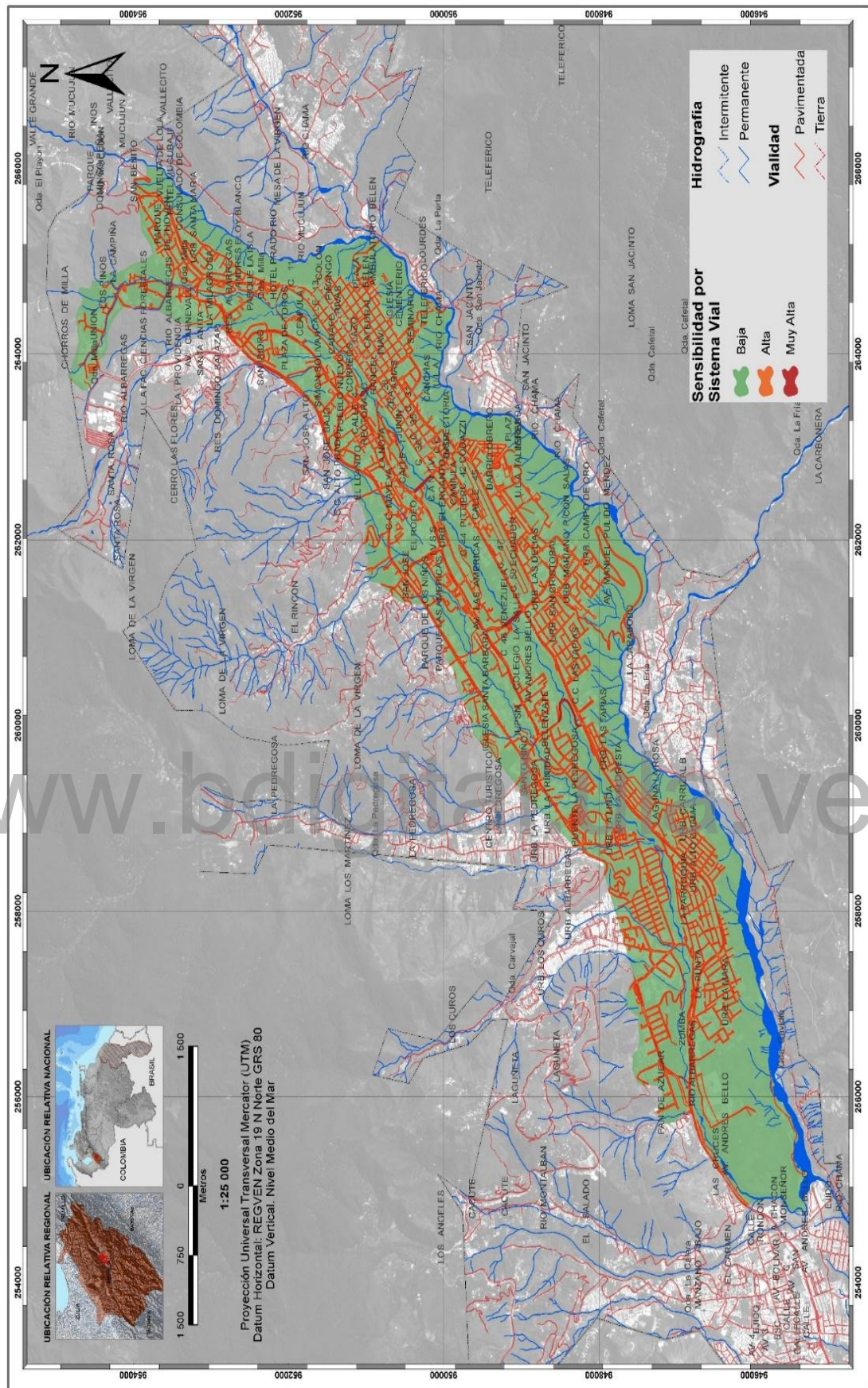
SENSIBILIDAD POR SISTEMAS VIAL	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja	1.770,75	73,41
Alta	635,6	26,35
Muy Alta	5,95	0,25
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.33. Distribución de la sensibilidad por sistema vial



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.34. Sensibilidad por sistema vial en el área de estudio

Ya en el punto de los sistemas de almacenamiento y distribución de líquido-combustible, se enfatizó acerca de la caracterización de este riesgo tecnológico urbano, ya que los mismos pueden ser consecuencia de eventos de origen natural (terremotos, inundaciones, movimientos de masa, entre otros) desencadenando situaciones de desastres tales como incendios, fugas de materiales tóxicos, explosiones, radioactividad, que pueden llegar a acarrear en el nivel urbano local problemas inclusive de mayor gravedad que las que pudieran asociarse al evento “disparador” inicial.

Las áreas de afectación por una explosión de estos sistemas (que para efectos de este estudio se corresponderían a zonas con muy alta sensibilidad), dependerá en gran medida de la capacidad de almacenamiento de los mismos, y para estimar las mismas, las referencias adquiridas por otros eventos de carácter industriales fueron tomadas en consideración a objeto de evidenciar áreas de influencia de incendio en tanques con capacidad de 15.900 m³ y 600 m³, está limitada por un radio de influencia 263 m y 47 m para las estaciones de servicio. En la Tabla 4.26 se representa la distancia de afectación y la repercusión de la radiación térmica de cada Estación de Servicio analizada en el área de estudio. Conforme a lo anterior, se tiene que el 13,39 % (323,12 ha) del área en estudio está sujeta a riesgos tecnológicos por explosión potencial de estaciones de gasolineras, ante un evento sísmico (Tabla 4.27 y Figuras 4.35 y 4.36).

Tabla 4.26. Distancia de afectación y repercusión térmica de las estaciones de servicio del área en estudio

NOMBRE	CAPACIDAD MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO (L)	DISTANCIA DE AFECTACIÓN POR INCENDIO (m)	RADIACIÓN TÉRMICA(kW/m ²)
E/S Libertador S.R.L	100.000	1.411,76	352,94
E/S La Pedregosa	68.000	960,00	240,00
E/S Urdaneta	85.000	1.200,00	300,00
E/S Chama C.A	70.000	988,24	247,06
E/S Aeropuerto	5.000	70,59	17,65
E/S Los Próceres	86.000	1.214,12	303,53
E/S Lago America S/N	36.000	508,24	127,06
E/S Bugam`S Villes C.A	70.000	988,24	247,06

Tabla 4.26 (continuación). Distancia de afectación y repercusión térmica de las estaciones de servicio del área en estudio

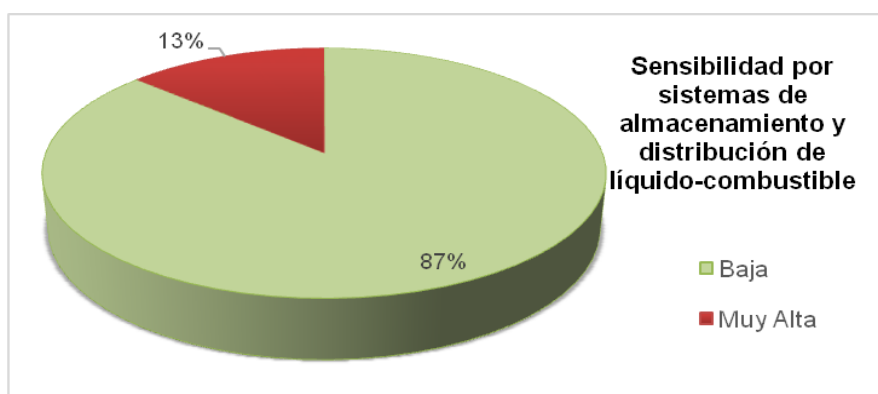
NOMBRE	CAPACIDAD MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO (L)	DISTANCIA DE AFECTACIÓN POR INCENDIO (m)	RADIACIÓN TÉRMICA(kW/m ²)
E/S Inversiones Av. C.A.	70.000	988,24	247,06
E/S Alba Lago	105.000	1.482,35	370,59
E/S El Retorno C.A. S/N	42000	592,94	148,24
E/C Becerra C.A. S/N	30.000	423,53	105,88
E/S Milla	72.000	1.016,47	254,12
E/S Bella Vista C.A.	100.000	1.411,76	352,94

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.27. Superficies de la sensibilidad por sistemas de almacenamiento y distribución de líquido-combustible en el área de estudio

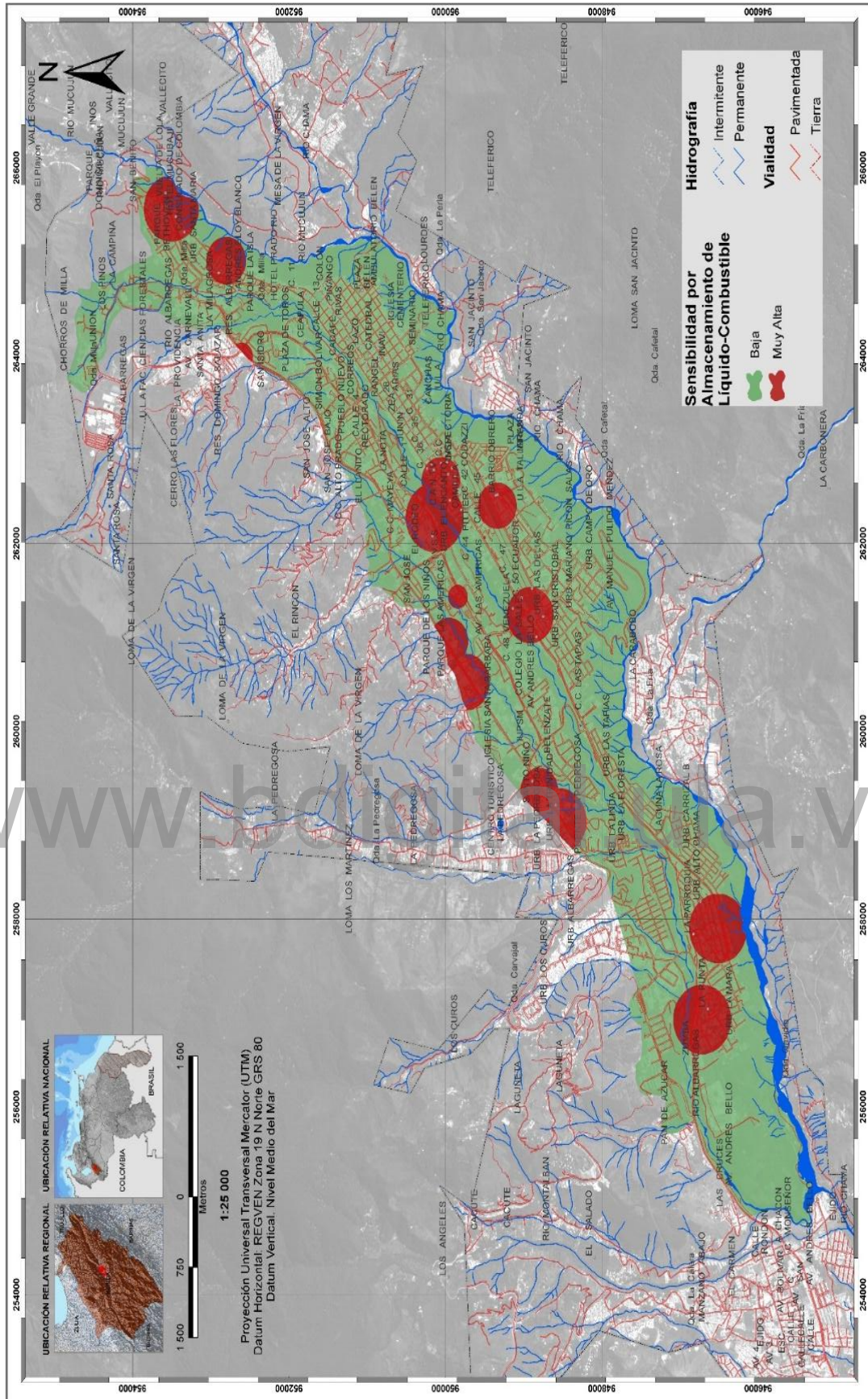
SENSIBILIDAD SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LÍQUIDO-COMBUSTIBLE	POR DE	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja		2.089,18	86,61
Muy Alta		323,12	13,39
Total		2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.35. Distribución de la sensibilidad por sistemas de almacenamiento y distribución de líquido-combustible en el área de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.36. Sensibilidad por sistemas de almacenamiento y distribución de líquido-combustible en el área de estudio

El último criterio evaluado fue el del servicio eléctrico, y dentro del área en estudio se encuentran emplazadas la subestación Mérida I y Mérida II. En el caso de Mérida I, ésta se encuentra ubicada en el sector Belensate, cercana al talud de la terraza del río Albarregas. Sobre terrenos de dudosa estabilidad geotécnica e inmersa dentro de un sector con una alta densidad poblacional, que se pueden considerar como un sector crítico a los efectos de un terremoto, por lo cual su área de ubicación y de trazado del tendido principal podría catalogarse directamente como zonas de muy alta sensibilidad. La subestación Mérida II está ubicada en El Vallecito, en áreas altamente influenciadas por las actividades de las fallas La Hechicera y Mucujún, las cuales (según apreciaciones realizadas en los capítulos anteriores) se constituyen como sectores frágiles de la terraza de Mérida.

Considerando las características geotécnicas de los terrenos en donde se emplazan ambas subestaciones, estas superficies y las del trazado de las líneas principales (líneas de alta tensión), se consideradas críticas y son catalogadas a efectos de la presente investigación como áreas de muy alta sensibilidad. Para la estimación de las superficies se consideró una afectación de 25 metros a cada lado de las líneas, equivalente a 230 y 400 kW, de manera uniforme sin tomar en cuenta el voltaje de cada línea (conforme al INE *et al.*, 2002). Obteniéndose entonces, que el 1,56 % del área en estudio (37,68 ha) se puede clasificar como zonas de muy alta sensibilidad por estaciones eléctricas críticas (subestaciones y líneas de alta tensión) (Tabla 4.28 y Figuras 4.37 y 4.38).

Tabla 4.28. Superficies de la sensibilidad por subestaciones y líneas de alta tensión en el área de estudio

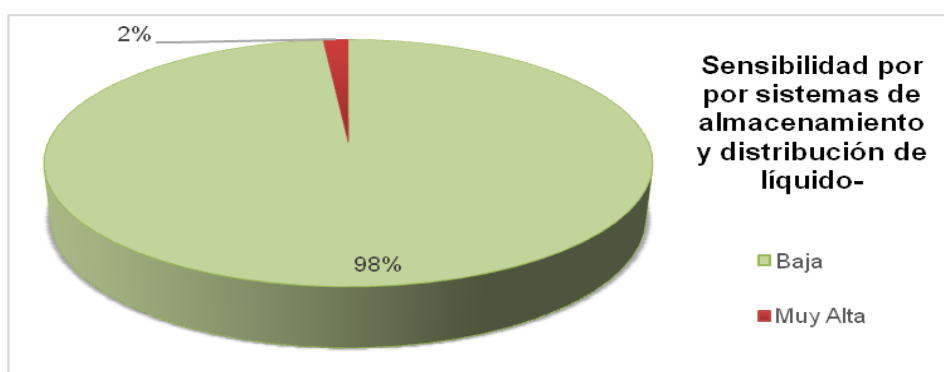
SENSIBILIDAD POR SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja	2.374,62	98,44
Muy Alta	37,68	1,56
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Sensibilidad de los factores de fragilidad socioeconómica

Para el análisis de estos factores, se interpretó que la sensibilidad por fragilidad socioeconómica podría relacionarse con las áreas sectorizadas por la Alcaldía del municipio Libertador en su ordenanza de adecuación del servicio de aseo urbano y

domiciliario, así pues los sectores con mejores condiciones socioeconómicas son los que mayores pagos hacen por el servicio de aseo urbano, y estos, a objeto de la presente investigación, serían los sectores de baja sensibilidad, mientras que los de menor pago se corresponderían a sectores deprimidos desde el aspecto socioeconómico, y por ende serían áreas de muy alta sensibilidad, representando áreas de prioridad social, puesto que en estas predominan construcciones improvisadas que no respetan normas de construcción sismorresistente y el nivel de educación de riesgos podría considerarse deficiente.



Fuente: Elaboración Propia

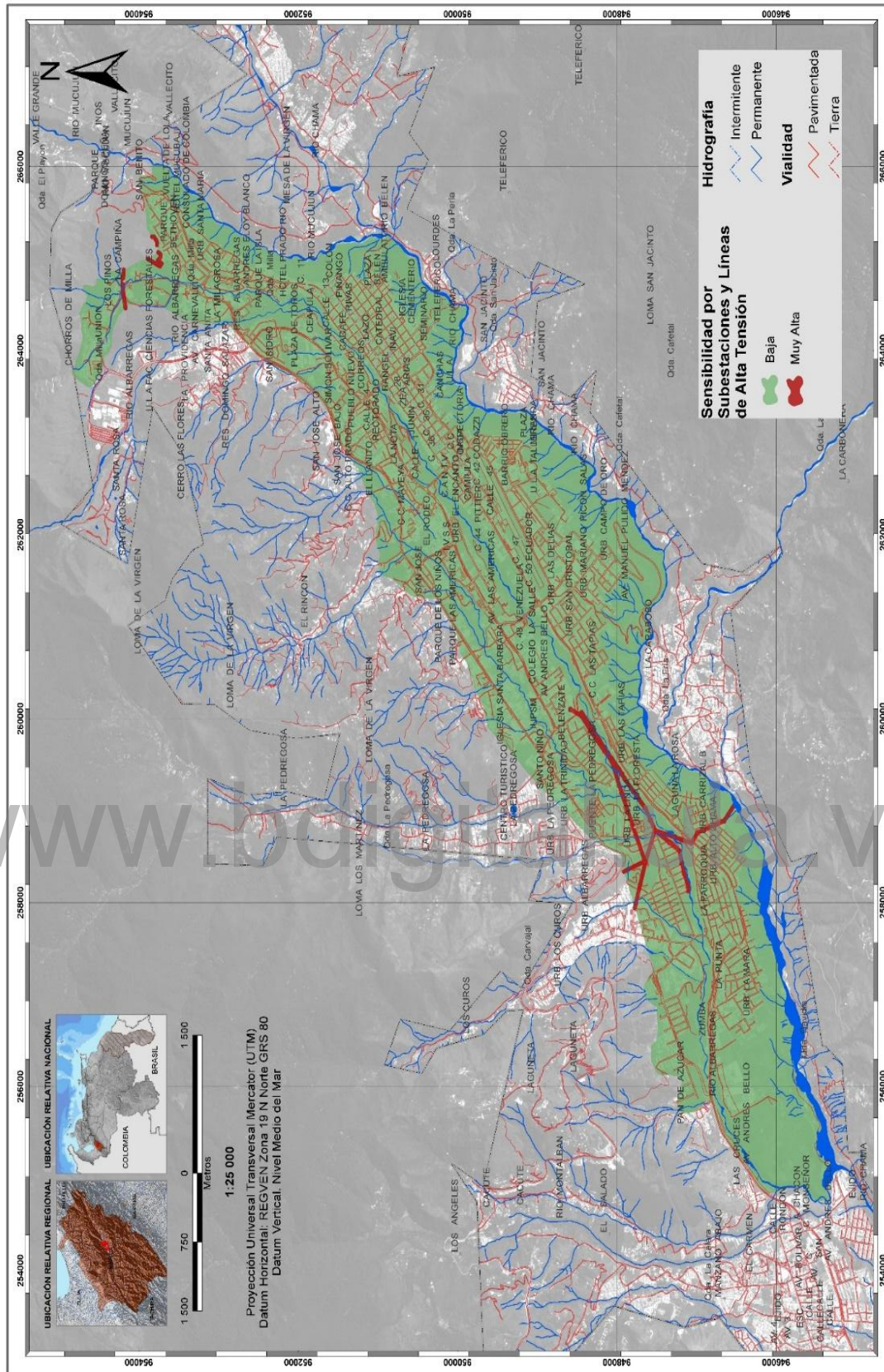
Figura 4.37. Distribución de la sensibilidad por subestaciones y líneas de alta tensión en el área de estudio

Una vez ejecutadas las relaciones, se obtuvo que la sensibilidad por fragilidad socioeconómica moderada es la de mayor proporción en el área de estudio (Tabla 4.29 y Figuras 4.39 y 4.40), con el 66,63 % (1.607,35 ha) y representada por subsectores como Santa Ana Norte, Yualin, Viaducto, Los Próceres, La otra Banda, Belén, Santa Barbará, Humtbol, Pie del Llano, La Parroquia, Pedregosa Media, Pedregosa Baja, Las Américas, Campo Claro, entre otras.

Tabla 4.29. Superficies de la sensibilidad por fragilidad socioeconómica en el área de estudio

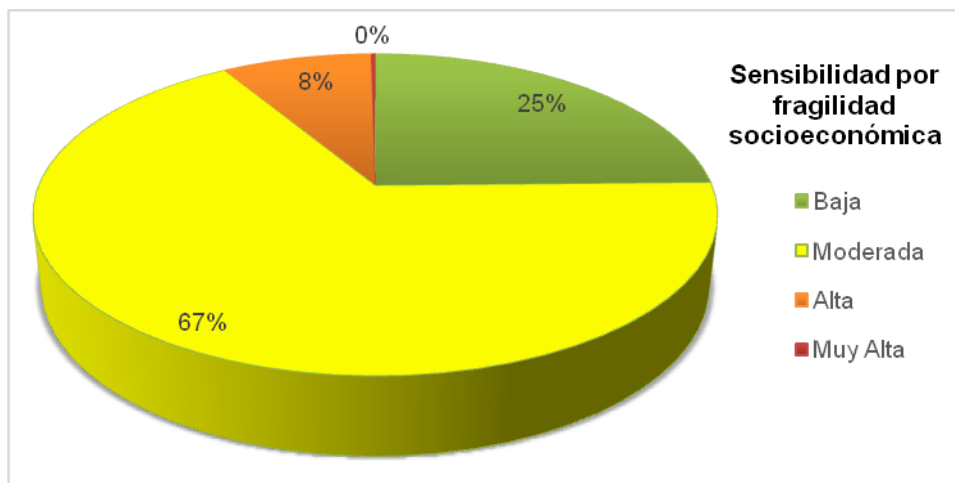
SENSIBILIDAD FRAGILIDAD SOCIOECONÓMICA	POR	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja		595,75	24,70
Moderada		1.607,35	66,63
Alta		203,61	8,44
Muy Alta		5,59	0,23
	Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.38. Sensibilidad por subestaciones y líneas de alta tensión en el área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia

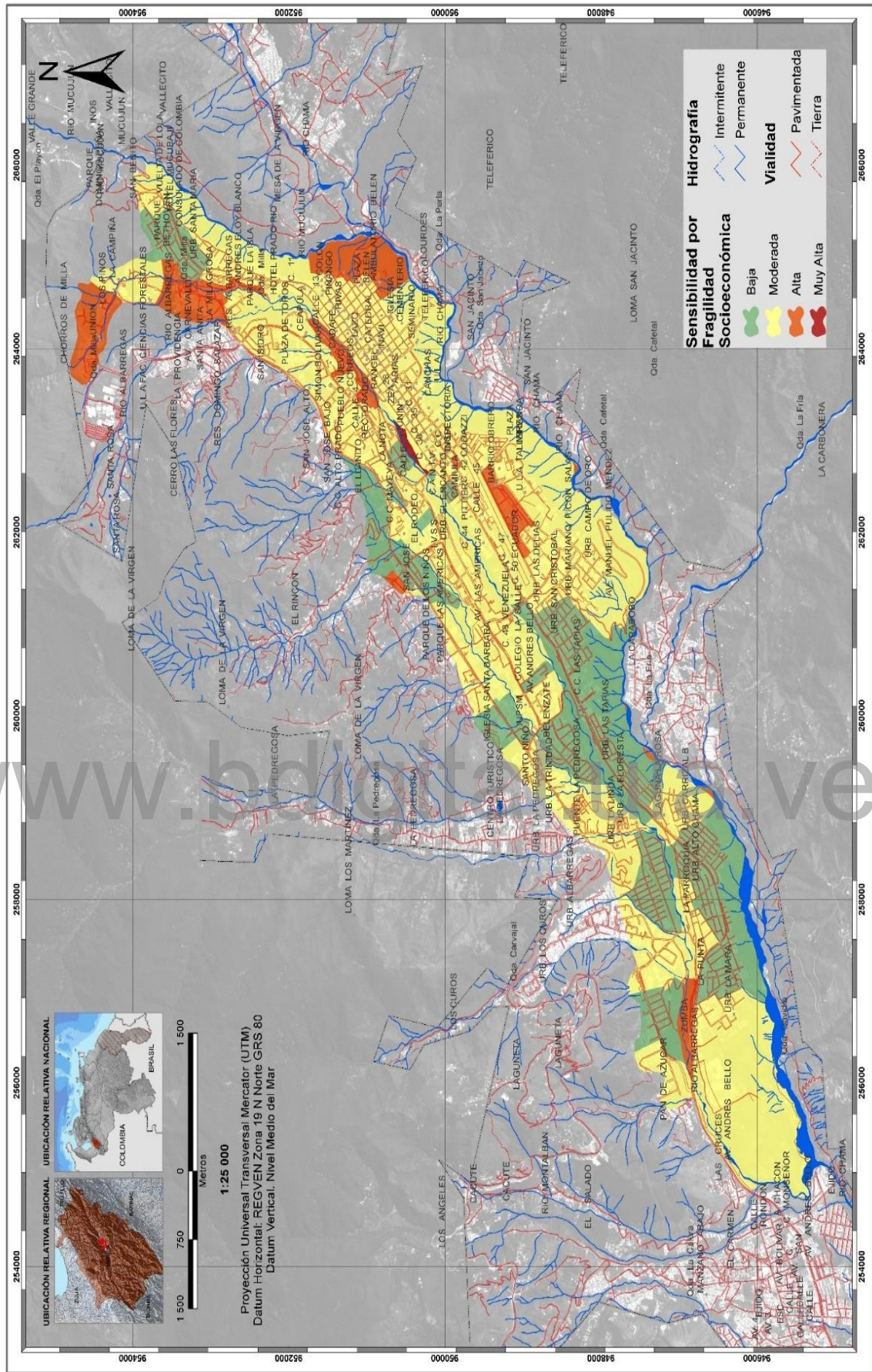
Figura 4.39. Distribución de la sensibilidad por fragilidad socioeconómica en el área de estudio

La sensibilidad baja se manifiesta en 24,70 % del área (595,75 ha) las Zonas Alto Prado, Las Terrazas, Los Pinos, Belensate, El Encanto, La Florida, Carrizal B, Carrizal A, Los Corrales, entre otras, con las mejores características socioeconómicas del municipio; son desarrollos habitacionales debidamente desarrollados.

En el caso de la sensibilidad alta y muy alta, las mismas cubren el 8,67 % del área en estudio (209,20 ha), y se presenta en sectores Santa como Ana Norte (Bella Vista y Santa Ana Norte), San José de las Flores, la Otra Banda, Belén, la Vega de San Antonio, la Vega, la Pueblita, Loma de la Virgen, Campo de oro, Gonzalo Picón, La Parroquia, la Pedregosa media, Loma de los Maitinez, Llanito, Chorro de Milla, Andrés Eloy Blanco, Campo Claro, Capilla del Carmen, la Redonda y San Mateo, la Vega de Santa Juana, Pasaje Rómulo, las Miraflores y el Paraíso, La vega del Llano I y Llano II, Chorros de Milla (La calera), Campo Claro (José Antonio Páez y las Invasiones). En estos sectores la mayoría de las infraestructuras son autoconstruidas y la cobertura de servicios básicos no se considera óptima.

4.2.4. Sensibilidad de los factores institucionales

Ésta estaría condicionada por la Capacidad de Anticipación, Respuesta y Recuperación ante el evento sísmico, y representa una fusión entre la organización y participación comunitaria (en cuanto a temas de educación y atención temprana ante un evento natural) en un área crítica sometido a riesgos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.40. Sensibilidad por fragilidad socioeconómica en el área de estudio

y emergencias; y el primer actor principal, constituido por el ente del Poder Nacional, luego los poderes municipales, locales, que delegan competencias, para la gestión integral de riesgos de desastres. Esta sensibilidad evaluaría el grado de resiliencia de las actividades antropogénicas ante el evento sísmico, es decir, es decir, la capacidad de las sociedades de resistir, enfrentar y recuperarse de los impactos del evento.

Para evaluar este factor, se procedió a evaluar a juicio de experto (en función del procedimiento establecido en el Capítulo III de la presente investigación y considerando investigaciones previas), los criterios seleccionados para la obtención del Índice de Capacidad de Atención, Respuesta y Recuperación, obteniéndose que en el área objeto a estudio, este Índice es de 28 (Tabla 4.30), lo cual representa la peor condición, es decir una capacidad institucional deficiente, que constituiría una muy alta sensibilidad (Figura 4.41).

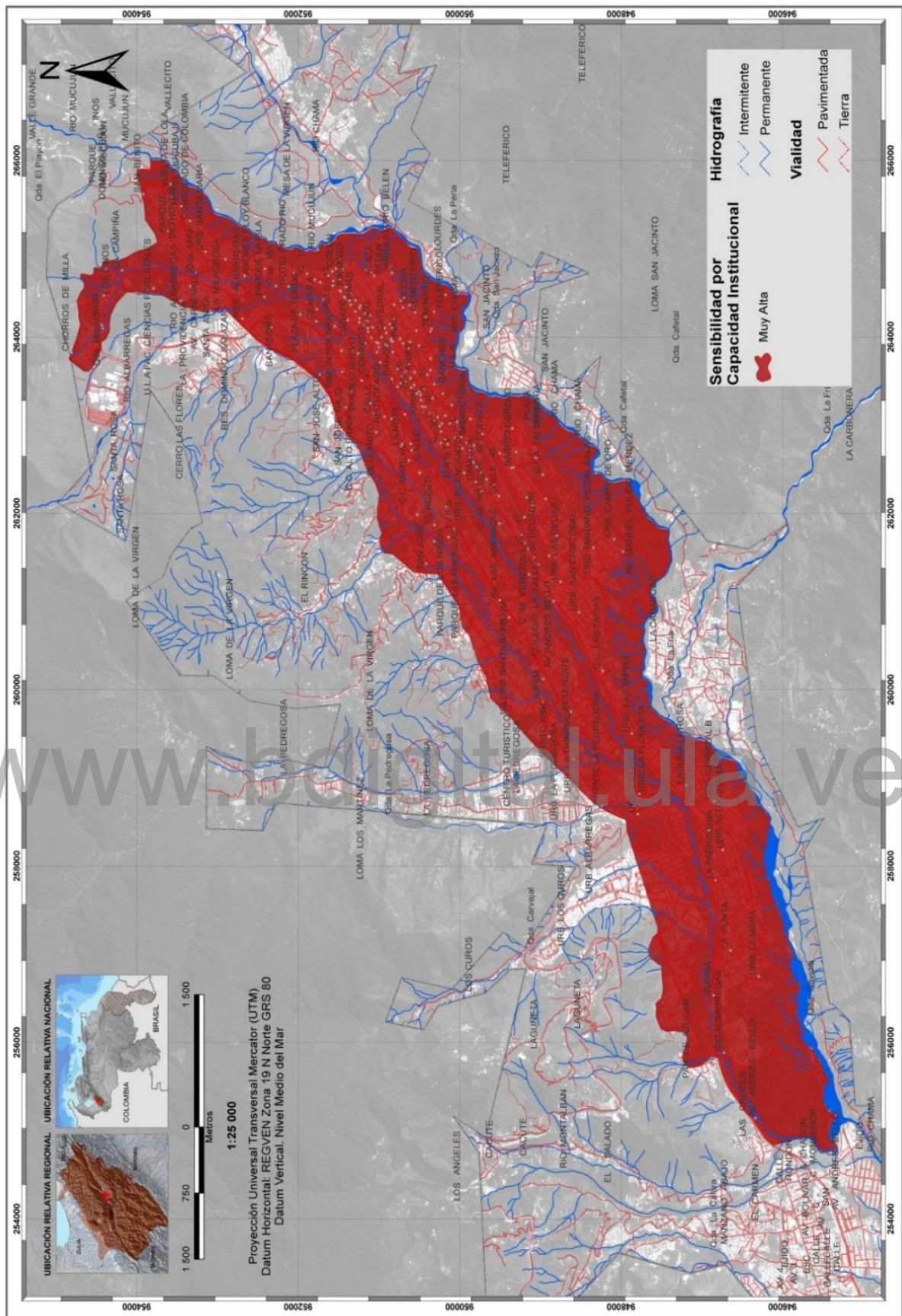
4.2.5. Pesos de los Factores de Sensibilidad Sísmica

Haciendo uso de la técnica de comparación por pares, se procedió al procesamiento de las percepciones (a través del proceso de consultas) de diecinueve (19) especialistas, obteniéndose los pesos correspondientes para cada uno de los factores seleccionados para evaluar la sensibilidad sísmica (Tabla 4.31 y Figura 4.42; el cálculo para la obtención del peso de cada uno de los factores considerados en el análisis se observa de manera detallada en el Apéndice C).

El conjunto de factores de exposición suma el 48 % de los pesos obtenidos, seguidos por los factores geodinámicos con el 35 % y los factores de fragilidad socioeconómica e institucionales con el 9 % y 8 %, respectivamente (Figura 4.42). Ya puntualmente, el factor que obtuvo el mayor peso se corresponde a la sensibilidad por líneas vitales con el 15 %; seguida de la sensibilidad por movimientos de masa y sensibilidad ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza, con una importancia de 13 %, cada una; luego se tendría la sensibilidad por zonas sísmicas y la sensibilidad fallas geológicas, ambas con 11 %, y la sensibilidad por densidad de población y la sensibilidad por índice de destrucción de viviendas con 10 %, cada una; para terminar con la sensibilidad por capacidad institucional y la sensibilidad por capacidad institucional con 9 % y 8 %, respectivamente (Figura 4.43).

Tabla 4.30. Índice de Capacidad de Atención, Respuesta y Recuperación en el área de estudio

SUB- CRITERIO	DESCRIPCION PARA LA CLASIFICACION DE CADA SUB-CRITERIO	VALOR ASIGNADO
Ordenamiento Urbano con respecto a la microzonificación sísmica	La ciudad de Mérida, posee un plan de desarrollo urbanístico que no toma en cuenta los resultados de trabajos de microzonificación sísmica.	4
Política Nacional e Internacional Pública,	Precarias políticas locales, nacionales e internacionales corresponsables en el desarrollo urbano sostenible, sin existencia de normativas y planes adecuados para la mitigación a los impactos que genera los eventos físicos naturales (según el Plan Territorial Sostenible del municipio Libertador, 2016).	4
Capacidad Asistencial Médico	Acceso limitado al sistema de salud pública en los niveles de atención primarios, secundarios y terciarios (según el Plan Territorial Sostenible del municipio Libertador, 2016). La capacidad de cama estimada para 1000 habitantes por el número de camas entre el área de población a evaluar (conforme a Jaramillo, 2014).	3
Organismo de Atención y respuesta inmediata	Debilidades en cuanto a la infraestructura y equipamiento, debido a la crisis de gobernabilidad e insuficiente coordinación entre los actores institucionales que operan en el municipio. La capacidad se mide para cada 1000 habitantes por el número de bomberos sobre el área de población a evaluar (conforme a Jaramillo, 2014).	3
Educación integral de Riesgo	Existencia en el Municipio, de instituciones académicas y de investigación vinculadas al estudio en el ámbito urbano, proclives a apoyar y acompañar procesos de mejoras en los planes de Riesgos, en la espera del apoyo gubernamental y político para alentar mejoras en la gestión de riesgo urbano (según el Plan Territorial Sostenible del municipio Libertador, 2016).	3
Empoderamiento Social	Insuficiente participación de la sociedad en los planes de gestión de desastre por falta de información en el tema, y falta de políticas de los organismos gubernamentales que involucren sin discriminación política a la sociedad.	3
Investigación y Divulgación	No se evidencia interés por parte de los organismos gubernamentales en la difusión ante los temas basados en eventos naturales y sus consecuencias.	4
Recuperación y Rehabilitación y Reconstrucción después del evento	No se considera como prioritario el establecimiento de los sistemas de alerta temprana y de predicción de amenazas múltiples.	4
Índice de Capacidad de Atención, Respuesta y Recuperación		28



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.41. Sensibilidad por capacidad institucional en el área de estudio

Tabla. 4.31. Pesos obtenidos para cada factor de sensibilidad sísmica

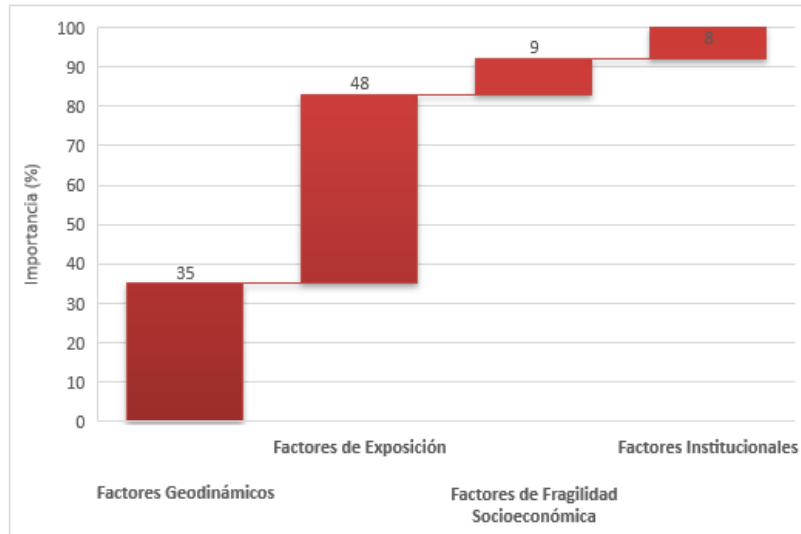
FACTORES	FRECUENCIA TOTAL DE LOS FACTORES	VALOR PONDERAL DE LOS FACTORES	PESO PONDERAL DE LOS FACTORES	PESO PORCENTUAL DE LOS FACTORES (% DE IMPORTANCIA)
Factores Geodinámicos				
Sensibilidad por zonas sísmicas	92	45	0,11	11
Sensibilidad por fallas geológicas	96	45	0,11	11
Sensibilidad por movimiento de masa	114	45	0,13	13
Factores de Exposición				
Sensibilidad por densidad de población	89	45	0,10	10
Sensibilidad por ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza	107	45	0,13	13
Sensibilidad por índice de destrucción de viviendas	85	45	0,10	10
Sensibilidad por Líneas Vitales	126	45	0,15	15
Factores de Fragilidad Socioeconómica				
Sensibilidad por fragilidad socioeconómica	75	45	0,09	9
Factores Institucionales				
Sensibilidad por capacidad institucional	71	45	0,08	8
		Σ	1	100

Fuente: Elaboración Propia

4.2.6. Mapa de Zonas de Sensibilidad Sísmica

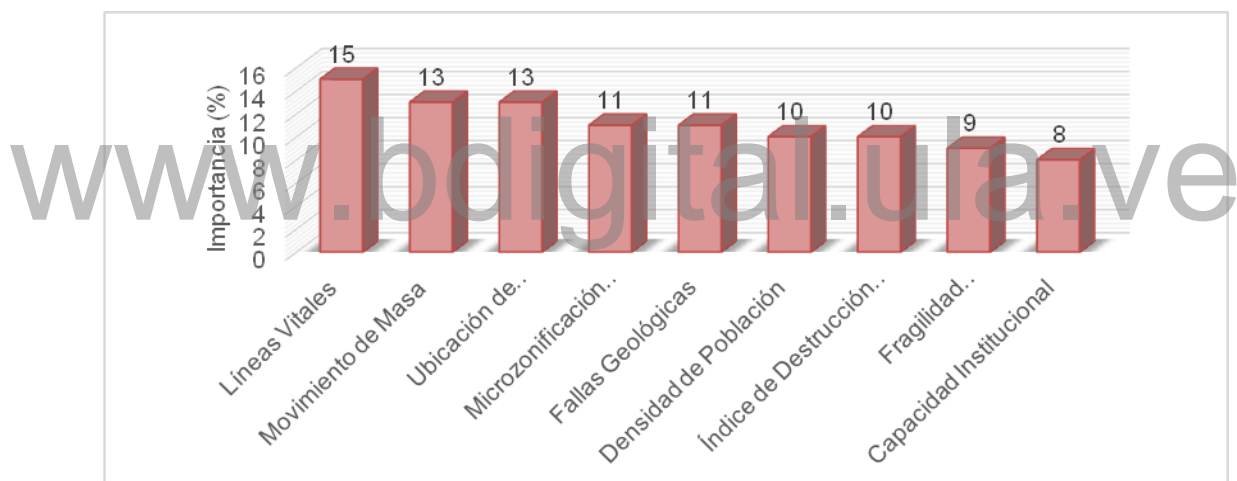
Una vez obtenidos los mapas de sensibilidad para cada uno de los factores y sus pesos ponderados, se obtuvo (a través del análisis multi-criterio definido anteriormente en la metodología) el mapa final de sensibilidad sísmica del área en estudio.

Como resultado se estimó que para el 37,64 % de la zona metropolitana del municipio Libertador, del estado Mérida se tiene cuatro (4) niveles de sensibilidad sísmica (Tabla 4.32 y Figuras 4.44 y 4.45).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.42. Importancia del conjunto de factores de sensibilidad sísmica



Fuente: Elaboración Propia

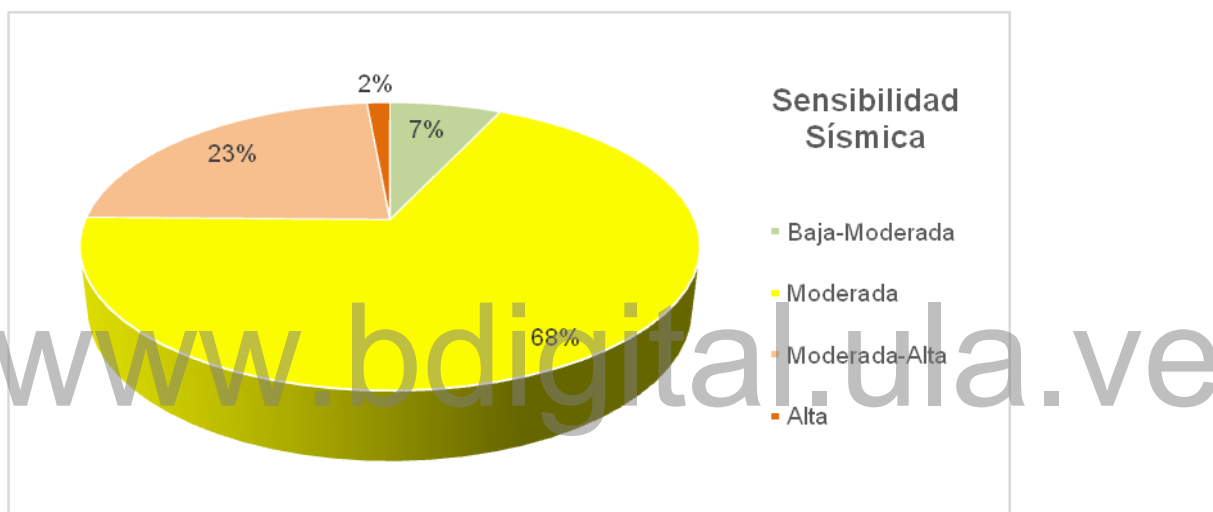
Figura 4.43. Importancia de los factores de sensibilidad sísmica

En primer lugar destacan las áreas de sensibilidad sísmica moderada ocupando una superficie de 1.648,24 ha (68,33 %), en las cuales se presentan una velocidades de onda sísmica entre 350m/s y 650 m/s (con espesores de 0 m y 60 m), en zonas de pendiente suave (con baja susceptibilidad a movimientos de masa), con índice de con índice de destrucción de viviendas (de Rebotier, 2006), de bueno a moderado ($ID \leq 0,15$), la mayoría de los sectores con baja o moderada fragilidad socioeconómica (zonas domiciliarias A y B, respectivamente), La Vuelta de Lola, Av. Universidad, Centro, Av. Los Próceres (hasta Santo Niño), La Linda, La Mata, La Parroquia y La Mara son algunos de los sectores que resaltan en esta categoría.

Tabla 4.32. Superficies de la sensibilidad sísmica en el área de estudio

SENSIBILIDAD SÍSMICA	ÁREA OCUPADA (ha)	% DEL ÁREA EN ESTUDIO
Baja-Moderada	167,4	6,94
Moderada	1.648,24	68,33
Moderada-Alta	562,13	23,30
Alta	34,53	1,43
Total	2.412,30	100,00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

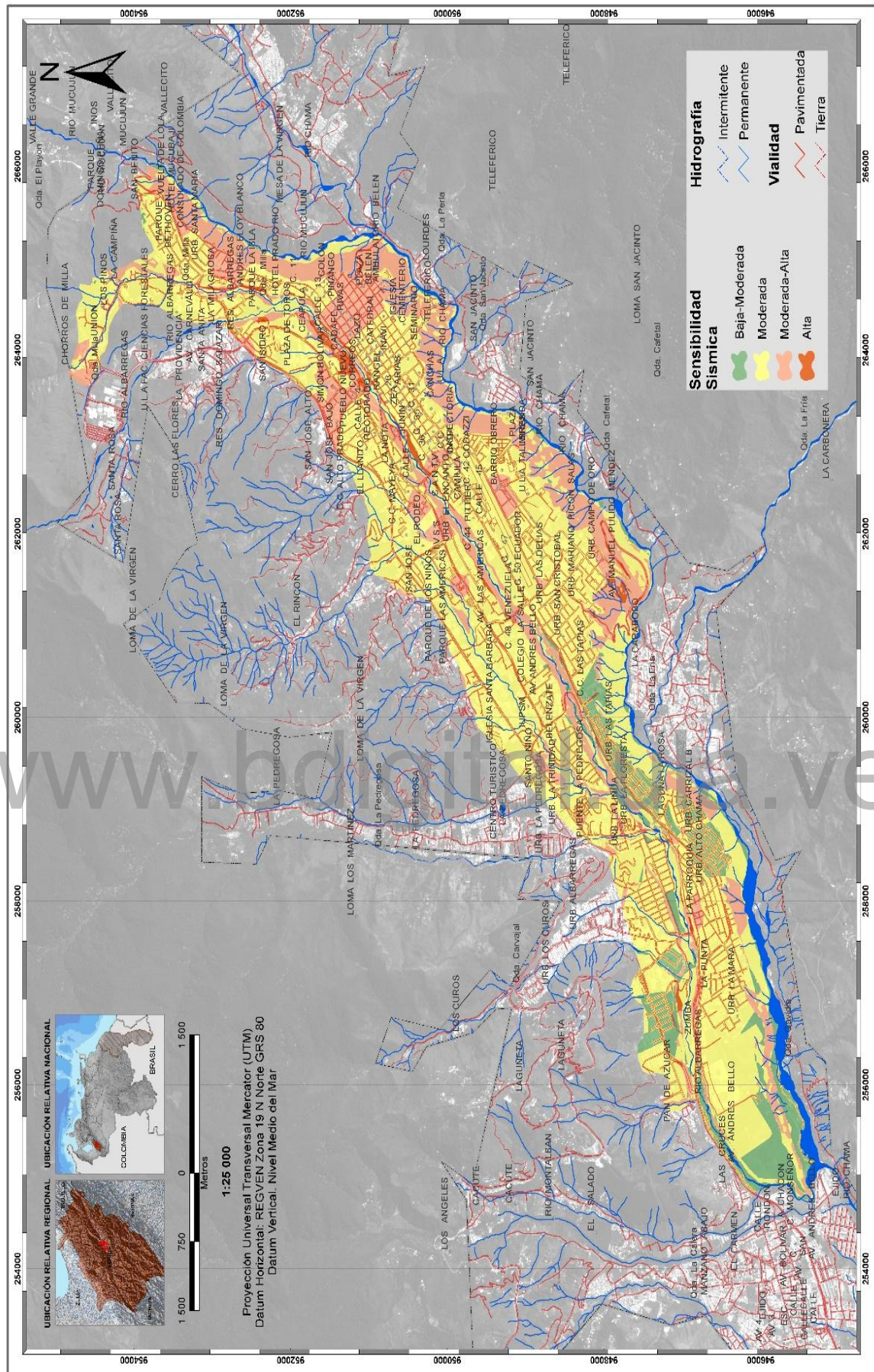
Figura 4.44. Distribución de la sensibilidad sísmica en el área de estudio

En segundo lugar se tiene que las áreas de sensibilidad sísmica moderada-alta ocupando una superficie de 562,13 ha (23,20 %), en las cuales se presentan una velocidades de onda sísmica entre 350m/s y 650 m/s (con espesores de 0 m y 60 m) sobre zonas de amenaza, en sectores domiciliarios B, con índice de destrucción de viviendas (de Rebotier, 2006), de malo a crítico ($ID > 0,15$), con densidades de población entre 50-100 ha/km² (en el centro de la ciudad) y 300-350 ha/km² (sobre la Av. Las Américas), La Parroquia, Av. Los Próceres desde Santo Niño a Puente La Pedregosa, Residencias Monseñor Chacón, Residencias Río Arriba, Residencias Independencia, Residencias Parque Las Américas, Residencias El Rodeo, Residencias Cardenal Quintero, Glorias Patrias, Alto Prado, San José de Las Flores, Belén, Milla, Albarregas, La Milagrosa, San Pedro, La Hoyada de Milla; son algunas de las zonas que entran en esta clasificación.

Las áreas que poseen mayor capacidad de amortiguación ante los eventos sísmicos que se presenten, con sensibilidad baja-moderada, se extienden en un 167,4 ha del área en estudio (6,94 %); en las cuales se presentan velocidades de onda sísmica entre 350m/s y 650 m/s (con espesores de 0 m y 60 m), con índice de destrucción de viviendas (de Rebotier, 2006), bueno ($ID \leq 0,10$), en sectores de menor fragilidad económica (sectores domiciliarios A), en la mayoría de los casos con densidades de población entre 100-150 ha/km² sobre áreas no ubicadas en zonas de amenaza (en terrenos de pendiente suave, con baja susceptibilidad a movimientos de masa), en este nivel de sensibilidad se tienen: Campo Claro, Alto Chama, Las Tapias, Santa María.

Por último, las zonas de mayor atención, las de sensibilidad sísmica alta, se manifiestan en áreas con velocidades de onda entre 350 m/s y 650 m/s con profundidades mayor a 60 m, en sectores de alta fragilidad socioeconómica (sectores domiciliarios C y D), por su poco poder adquisitivo y emplazamiento de infraestructuras sin respeto a normativas constructivas, ubicados además en zonas de amenaza en terrenos de mayor pendiente, con alta susceptibilidad a movimientos de masa) y densidades de población entre 300-350 ha/km². En este nivel, se catalogan los sectores populares: Simón Bolívar, Pueblo Nuevo, La Cuesta, La Columna, Andrés Eloy.

www.bdigital.ula.ve



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.45. Sensibilidad Sísmica

CAPITULO V

LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE LA SENSIBILIDAD SÍSMICA

Los estudios de zonas de sensibilidad sísmica podrían ser insumos para la planificación urbana, ya que estos pueden demarcar cartográficamente la relación entre zonas con riesgo sísmico, potencial de afectación a líneas vitales, los efectos sobre la densidad poblacional, la fragilidad socioeconómica, las tipologías constructivas y la ubicación en zonas con susceptibilidad a los movimientos de masa y la capacidad institucional para la gestión de riesgos. Es así como la evaluación de la sensibilidad sísmica permite aseverar que el riesgo depende de aspectos físicos, pero también de índole social e institucional.

Considerando además que los actores gubernamentales que tendrían injerencia en la planificación y gestión de políticas públicas requieren de herramientas que les permitan definir los alcances y límites geográficos de sus actuaciones, la metodología en esta investigación propuesta fungiría como insumo a la hora de ejecutar una planificación urbana que considere los principios de gestión ambiental y gestión de riesgos en pro de reducir por una parte el riesgo sísmico y por otra parte el factor de agravamiento que genera el contexto social.

No obstante, la bondad del uso del producto cartográfico generado en el análisis de la sensibilidad sísmica, se hace necesario el establecimiento de lineamientos que fortalezcan la actual gestión, tanto del gobierno municipal como de los entes y organismos oficiales vinculados a la gestión integral de riesgos. Conforme a esto, a continuación se analizan para el municipio Libertador, los problemas vinculados a la gestión integral de riesgos, a objeto de establecer como fin último del presente trabajo, los lineamientos de actuación en esta materia.

5.1. Definición del Problema Central

Para cada una de las zonas consideradas dentro de la poligonal urbana del área de estudio, se visualizaron problemas relacionados al crecimiento urbano anárquico por el emplazamiento de desarrollos urbanos no planificados en áreas inadecuadas, que conllevan además de la manifestación de serios efectos sobre la calidad del entorno al aumento de los índices sensibilidad sísmica.

Considerando que en la mayoría de los casos, las construcciones son emplazadas en contravención con la normativa que restringe el uso del suelo urbano, debido a la baja eficacia de los procesos de vigilancia y control de los organismos tanto que regulan tanto la ocupación del territorio como los responsables de la gestión de riesgos, se tendría como problema principal el “Desarrollo de políticas públicas sin considerar la sensibilidad sísmica como criterio de planificación para la ocupación del suelo urbano”.

5.2. Definición de las Causas y Efectos del Problema (Árbol de Problemas)

Una vez ejecutado el análisis cartográfico para la determinación de las zonas de sensibilidad sísmica e identificado el problema principal para el área de estudio, se listaron las causas principales tanto directas como indirectas del conflicto central, así se tiene en primer lugar al crecimiento urbano descontrolado debido a la falta de participación de las comunidades locales en mecanismos dirigidos a controlar los efectos del desarrollo urbano, y la falta de vigilancia y control de permisos otorgados para nuevas construcciones. Por otra parte también destaca todo lo referente a los componentes que conforman cada estadio de sensibilidad propuestas en el trabajo.

Otras de las causas identificadas están relacionadas con la falta de participación de las comunidades e instituciones competentes en la gestión de riesgo urbano ya que en la mayoría de los casos se da un incumplimiento de las normas exigidas para la construcción, en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos y en las Ordenanzas Municipales. Todo esto trae como efectos el aumento poblacional, áreas de auto-construcción, el deterioro de la calidad ambiental, riesgos de desastres ante eventos adversos por un posible escenario sísmico y en general la degradación ambiental y la magnificación de los posibles daños que se generarían a causa de estos eventos. El análisis del árbol de problemas se presenta en la Figura 5.1.

5.3. Definición de Medios y Fines (Árbol de Objetivos)

El objetivo último de la zonificación por sensibilidad sísmica, sería en fortalecer el proceso de planificación urbana, en función de las características o limitaciones para cada uno de los niveles de sensibilidad identificados. Para ello se debe en primer lugar, apuntar a un crecimiento urbano controlado a través de la participación de las comunidades de los entes Municipales, Regionales, y Nacionales, con la consideración de mecanismos de control de los efectos negativos ante eventos sísmicos, la inspección de las construcciones en sitios poco convencionales que están bajo estricta norma dentro de los límites contemplados en las normas antisísmicas. Otro aspecto fundamental es el cumplimiento adecuado de la

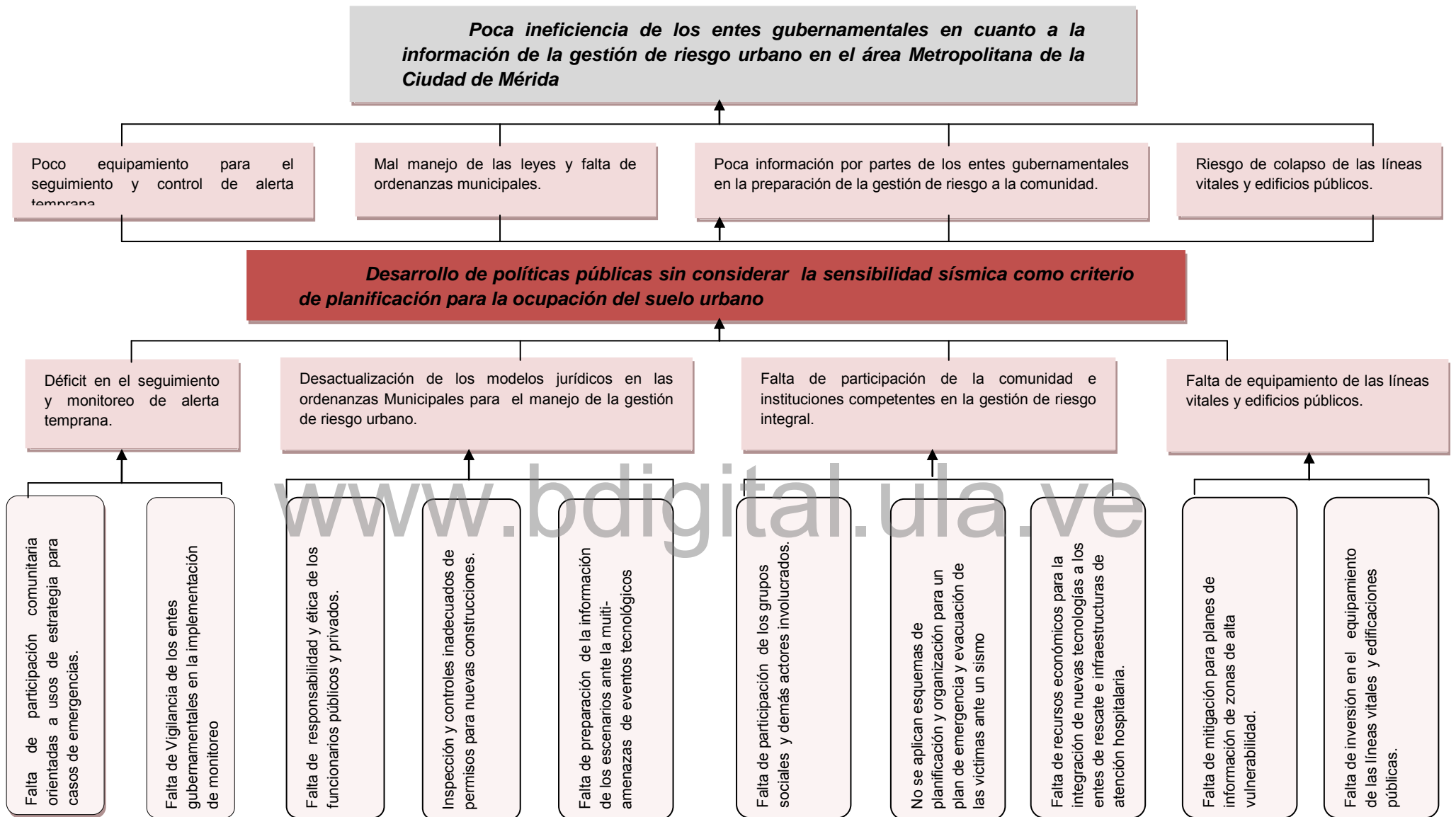
normativa nacional y ordenanzas municipales para la limitación de construcciones de auto-construcción en los lugares más vulnerables económicamente y sísmicamente de alta sensibilidad.

Es necesario incentivar la participación de la comunidad y de las instituciones competentes en la gestión de riesgo sísmico e instrumentos legales, por medio de la creación de una ordenanza Municipal. También es importante concebir en el mejoramiento de las infraestructuras vitales como lo son los Centros Médicos, Protección civil y cuerpos de rescate, con una adecuada prevención, planificación y atención ante cualquier emergencia que se presente en los escenarios sísmicos o de otra índole con una gestión administrativa, financiera y técnica de alto blindaje.

Se plantea además la pertinencia de fortalecer los programas de educación ciudadana en torno a la gestión del riesgo tecnológico en todos los niveles, así como la difusión de la información asociada sus particularidades en la Ciudad de Mérida; al mismo tiempo caracterizar áreas con tratamiento de riesgo tecnológico urbano, basado en el derecho que tiene una población de conocer los riesgos a los que está expuesta localizando además las amenazas asociadas. En otro orden de ideas se plantea la conveniencia de integrar el análisis sobre riesgos tecnológicos en los estudios de impacto ambiental y sociocultural, de los futuros proyectos a implantar en el municipio. Se recomienda planificar la estructura de la Ciudad tomando en cuenta el manejo y transporte de materiales peligrosos, basándose para ello en los estudios geológicos, así como también regular el uso de suelos urbanos para la ubicación de empresas que manejan sustancias peligrosas. Esto exige la necesaria capacitación de los funcionarios públicos vinculados a actividades de planificación y gestión urbana.

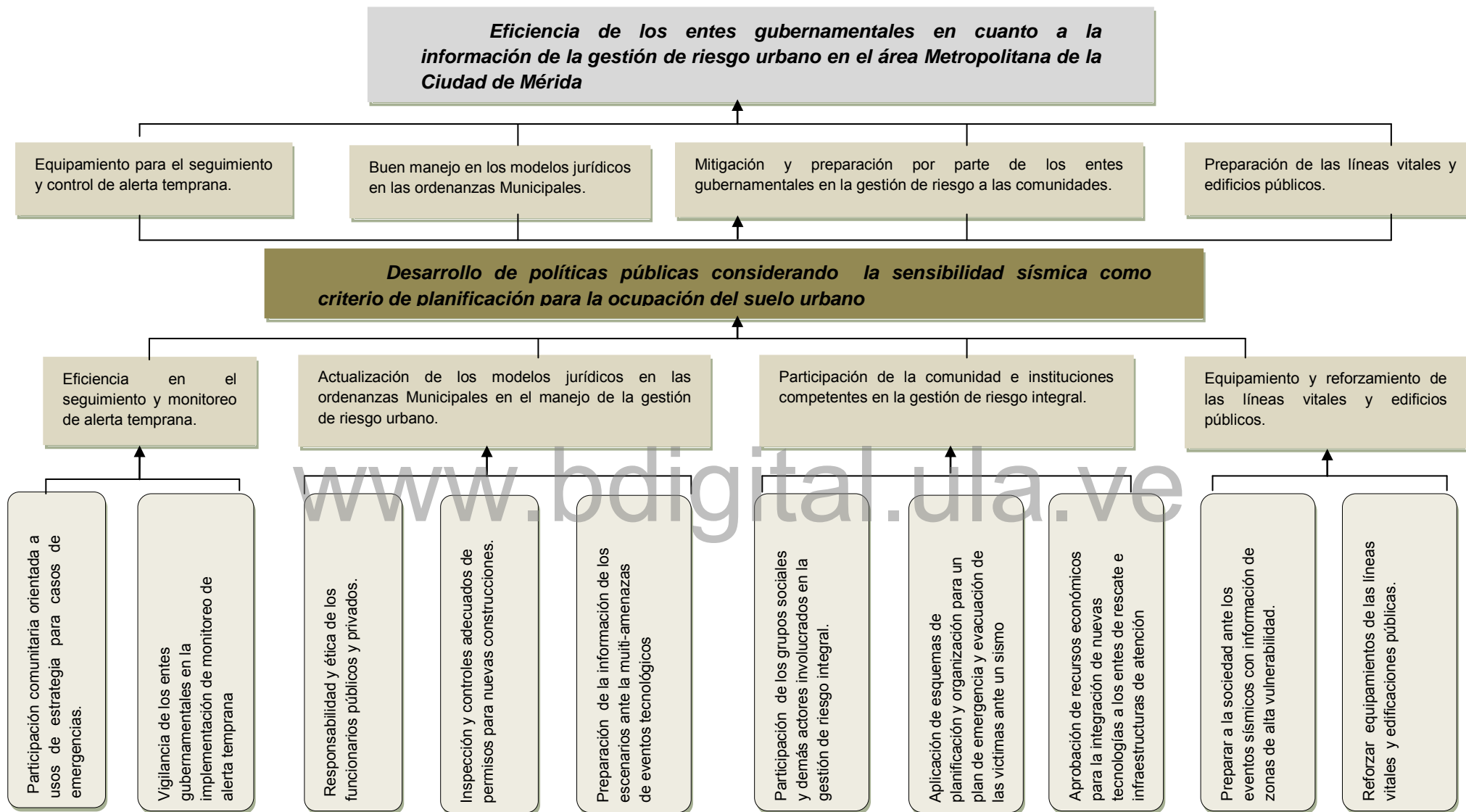
Por último se proyecta la disminución de desarrollos habitacionales en zonas no aptas, por medio de la realización de estudios que permitan identificar áreas de amenazas y riesgos de áreas de alta vulnerabilidad sísmica, el diseño de obras sismorresistentes que aseguren en todo momento la incorporación de las recomendaciones dadas en los respectivos estudio geotécnicos, lo cual beneficia a la mayoría de la población que están situadas en zonas de alta sensibilidad sísmica.

También se propone la creación de un sistema de alerta temprana y la capacitación de la población sobre la manera de actuar ante eventos de gran magnitud. El análisis del árbol de objetivos se presenta en la Figura 5.2.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.1. Árbol del Problema en la Sensibilidad Sísmica.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.2. Árbol de Objetivo en la Sensibilidad Sísmica

5.4. Lineamientos para la gestión de la Sensibilidad Sísmica

Considerando los objetivos planteados en el apartado anterior y en función de los niveles de sensibilidad sísmica identificados para el área en estudio, a continuación se proponen los lineamientos para la gestión de riesgos municipales (Tablas 5.1 y 5.2).

Tabla 5.1. Lineamientos de acción estratégica propuestos para la gestión de las zonas por sensibilidad sísmica

SENSIBILIDAD	LINEAMIENTOS
Baja - Moderada	<p>*Crear sistemas constructivos establecidos en la norma evaluando parte estructural, con el fin de proteger la vida de los usuarios, a pesar que la zona no posee mayor densidad sísmica.</p> <p>*Desarrollar preparativos para el manejo de emergencias, realizando inversiones en obras de mitigación, en cuanto a educación y participación comunitaria y en el fortalecimiento del Sistema municipal para la Prevención y Atención de Emergencias en la ciudad.</p>
Moderada	<p>*Coordinar las acciones de los cuerpos de seguridad y agrupaciones encargadas de mantener el orden.</p> <p>* Desarrollar acciones para el rescate y traslado de heridos.</p> <p>* Asegurar los bienes públicos y privados bajo riesgo.</p> <p>*Crear un plan de renovación urbana donde se identifiquen las zonas no construibles, los nuevos accesos, espacios para refugios y espacios para otras actividades.</p>
Moderada - Alta	<p>*Elaborar un Plan Estratégico para el desalojo de los habitantes a zonas seguras.</p> <p>*Asegurar los bienes públicos y privados bajo riesgo.</p> <p>*Generar conocimiento sobre el riesgo sísmico.</p> <p>*Los entes gubernamentales a nivel nacional deben implementar como reglamento ante los entes locales y municipales; realizar actividades de monitoreo a viviendas, que ameriten ser reestructuradas ante un evento sísmico.</p> <p>*Al igual realizar seguimiento y monitoreo de las nuevas edificaciones futuras en las parroquias y localidades de los sectores de la ciudad donde cumplan con los permisos otorgados por la Dirección de Ingeniería Municipal, basados sobre estudios de microzonificación sísmica de la ciudad incluyendo las universidades.</p> <p>*Mitigar y reducir el riesgo en sectores de alta sensibilidad fortaleciendo el funcionamiento óptimo del sistema de alerta temprana.</p>

Tabla 5.1 (continuación). Lineamientos de acción estratégica propuestos para la gestión de las zonas por sensibilidad sísmica

SENSIBILIDAD	LINEAMIENTOS
Alta	<p>*Asegurar los bienes públicos y privados bajo riesgo.</p> <p>*Crear Fondos por la administración pública exclusivamente para los momentos de emergencia.</p> <p>*Realizar levantamiento permanentemente de la población más vulnerable.</p> <p>*Evaluación constante de la amenaza sísmica y de otras amenazas.</p> <p>*Realizar programas de concienciación y educación sobre los niveles de riesgo sísmico y sobre la participación que cada uno tiene en el proceso de construcción y de deconstrucción de dicho riesgo, deben mantenerse y ampliarse de ser posible por parte los entes gubernamentales y de instituciones de rescate y emergencia, el cual se debe mantener campañas de difusión de material publicitario, en sitio web y, a través de la formación de consejos comunales creando organizaciones de Atención de Emergencia Local.</p> <p>*Incentivar tipologías y alturas recomendadas para edificaciones según microzona.</p> <p>* Reforzar equipamientos, líneas vitales y edificios públicos que deben mantenerse operativas, en especial los distribuidores viales y aquellos equipamientos y líneas que en caso de verse dañadas representan una amenaza tecnológica como las estaciones de servicio y los gasoductos.</p>

Tabla 5.2. Lineamientos de acción estratégica para la sensibilidad sísmica del municipio Libertador del estado Mérida

Líneas de Acción Estratégica	Objetivo	Actividades	Indicadores de las actividades	Actores y Responsables	Supuestos para el cumplimiento de la Estrategia
1. Seguimiento y monitoreo de alerta temprana	Actuar de manera oportuna ante los eventos naturales y velar por el cumplimiento de la normativa legal vigente	1.1 Monitorización de la no ocupación del suelo en Riesgo no mitigable.	Análisis y evaluación de sostenibilidad, habitabilidad e inclusión social.	Gobierno Local, gobierno regional; Protección Civil, Bomberos y cuerpos de rescate. Miembros de la comunidad y Consejos Comunales	Los organismos competentes mantienen un interés constante en fortalecer el proceso de vigilancia y control para originar la alerta temprana en la población.
		1.2 Formación de comités participativos comunitarios para labores de vigilancia y seguimiento.	Número de comités participativos comunitarios conformados y acreditados por los entes encargados.	Gobierno Local, gobierno regional; Protección Civil, Bomberos y cuerpos de rescate. Miembros de la comunidad y Consejos Comunales	Disponibilidad de la comunidad y organismos encargados de participar en forma conjunta en los mecanismos de vigilancia y control de alerta temprana.
		1.3 Capacitación del personal que integrará los comités participativos comunitarios de seguimiento y control.	Participación a los cursos de capacitación y número de personas capacitadas para conformar los comités participativos comunitarios	Gobierno Local, gobierno regional; Protección Civil, Bomberos y cuerpos de rescate. Miembros de la comunidad y Consejos Comunales	
		1.4 Realizar inspecciones y vigilancia de forma periódica en las áreas más vulnerables a la actividad sísmica.	Detectar nuevas áreas de sensibilidad sísmica.	Gobierno Local, gobierno regional; Protección Civil, Bomberos y cuerpos de rescate. Miembros de la comunidad y Consejos Comunales	Disponibilidad y capacidad de los gobiernos locales para prestar financiamiento para el fortalecimiento del proceso de vigilancia y control.
		1.5 Gestionar recursos económicos para la adquisición de equipos e infraestructura para las labores de vigilancia y control.	Número de equipos e infraestructuras adquiridas para las labores de vigilancia y control.	Gobierno Local, gobierno regional; Protección Civil, Bomberos y cuerpos de rescate. Miembros de la comunidad y Consejos Comunales	
2. Actualización de los modelos jurídicos normativos locales	Conocer y actualizar las normas simoresistente de las áreas que pueden sufrir daños severos a fin de conocer su dinámica y funcionamiento para garantizar su permanencia y poder salvar vidas humanas.	2.1 Delimitación de áreas de alta sensibilidad sísmica realizando normativa primaria de zonificación sísmica.	Determinar conjuntos de instrumentos (ordenanzas municipales), basados en los ámbitos específicos de la ciudad.	Gobierno Nacional, entes gubernamentales e universidades. FUNVISIS	Llevar a cabo el cumplimiento de los instrumento para los planes de desarrollo urbanos y a su vez crear multas y sanciones.

Tabla 5.2. (Continuación) Lineamientos de acción estratégica para la sensibilidad sísmica del municipio Libertador del estado Mérida

Líneas de Acción Estratégica	Objetivo	Actividades	Indicadores de las actividades	Actores y Responsables	Supuestos para el cumplimiento de la Estrategia
3. Participación de la comunidad e instituciones competentes en la gestión de riesgo integral.	Realizar un enfoque multidisciplinario y multidimensional, que abarque las diferentes escalas de intervención del sistema urbano, implementando procesos de participación activa, equitativa e incluyente de las comunidades y de los organismos encargados en la Gestión Integral de riesgo.	3.1 Establecer acciones para el desarrollo de planes responsabilidades y atribuciones de los profesionales y autoridades.	Participación activa de los actores responsables en la gestión de riesgo.	Gobierno Local, gobierno regional; universidades. FUNVISIS	Los organismos competentes mantienen un interés constante en fortalecer los planes establecidos en las normativas y legislación en la gestión de riesgo urbano
		3.2. Aplicación de esquemas de planificación y organización para un plan de emergencia y evacuación de las víctimas ante un sismo.	Apoyo en la generación de normas y manuales.	Gobierno Local, gobierno regional; universidades. FUNVISIS	Fortalecer los programas donde se enseñe la ética y la responsabilidad, y se privilegie el compromiso social sobre el beneficio económico.
		3.3. Asegurar la participación de los grupos sociales en la Gestión Integral de riesgo.	Participación activa de los involucrados en la gestión de rescate.	Gobierno Nacional, entes gubernamentales Protección Civil, Bomberos y cuerpos de rescate.	Se logra implementar de manera exitosa la participación, de la comunidad.
		3.4. Comunicación e información a la comunidad sobre las acciones desarrolladas para implementar el Plan de Gestión de riesgo integral.	Campañas de comunicación e información realizadas para dar conocimiento de las acciones desarrolladas para la gestión del riesgo.	Gobierno Nacional, entes gubernamentales Protección Civil, Bomberos y cuerpos de rescate.	Existe voluntad política, social e institucional para participar activamente en la Gestión de riesgo integral
4. Equipamiento y reforzamiento de las líneas vitales y edificios públicos.	Mantener operativos en todo momento y más en caso de emergencia equipamientos y líneas vitales.	4.1 Programa de reforzamientos de equipamientos, líneas vitales y edificios Públicos.	Los entes gubernamentales deben invertir en el reforzamiento de estas estructuras.	Gobierno local FUNVISIS Ministerios	Disponibilidad y capacidad de los gobiernos locales para financiar el fortalecimiento de las infraestructuras.

Fuente: Elaboración Propia.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El silencio sísmico, particularmente en Venezuela se agrava en la medida en que la energía generada por la fricción entre placas tectónicas no se disipe en forma gradual a través de pequeños sismos a lo largo del tiempo, sino más bien se acumule por varias décadas, como viene ocurriendo; Mérida tiene alta variabilidad de condiciones locales de sitio (topográficas y geológicas) así de condiciones geotécnicas, geodinámicas, que pueden originar procesos de amplificación sísmica que se traduzcan en incrementos en la aceleración de los suelos frente a un sismo severo. El no tener en cuenta lo establecido, pone en riesgo las vidas humanas, viviendas, equipamientos e infraestructuras urbanas del área metropolitana de Mérida, y la aplicación del marco lógico para la formulación de las estrategias, permite llegar a las siguientes conclusiones:

- Es necesario que las entidades competentes y las empresas responsables de los Proyectos de infraestructura urbana, consideren el comportamiento local del suelo frente a un sismo severo y puedan elegir en base a criterios preventivos, la mejor ubicación, parámetros de diseño, método constructivo, tecnología, materiales, seguros financieros y planes de contingencia.

- En la Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, promulgada en noviembre del 2001, y en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio Naturales y Tecnológicos (LGIRSN y T) aprobada a principios del 2009, se establecen los principios rectores y lineamientos que orientarán la política nacional y las competencias del Poder Público en la materia, entre las que se destaca el carácter descentralizado y transversal de la gestión de riesgo y de la atención de emergencias y desastres, con énfasis en la organización y responsabilidad de los gobiernos municipales. Tanto la Organización de Protección Civil, como la de Cuerpos de Bomberos, son considerados componentes de la Seguridad de la Nación con competencias en la planificación y ejecución de políticas en lo concerniente a la seguridad ciudadana.

- La Gestión de Riesgos Socionaturales es definida como un proceso social orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera coordinada para prevenir, mitigar o reducir el riesgo, atendiendo a realidades geográficas, ecológicas, poblacionales, económicas, sociales y culturales particulares, vale decir, realidades regionales y locales.
- Las consideraciones anteriores, deberían conducirnos a la convicción que el municipio tiene amplias competencias en materia de gestión del riesgo y de administración de situaciones de emergencias y desastres, debido a que se trata de problemas locales, que se inician en el día a día, en lo cotidiano, en la llamada “construcción social del riesgo”.
- Las experiencias dejadas por la observación de los efectos de los terremotos pone de manifiesto que en términos generales las construcciones se dañan o se derrumban debido a una de las razones siguientes: 1) A la ausencia de una norma sismorresistente, 2) al incumplimiento de la norma aun existiendo ésta o, 3) a la insuficiencia de la misma aun cuando se haya cumplido con sus requerimientos.
- La norma sismorresistente nacional vigente desde el año 2001 debe ser revisada a fin de incorporar las nuevas experiencias y conocimientos desarrollados en el país y en el mundo.
- El mapa de zonificación deberá ser actualizado a fin de incorporar los adelantos en el conocimiento de la amenaza sísmica en el país así como los novedosos modelos de atenuación desarrollados recientemente.
- Los resultados de los estudios de microzonificación deben ser incorporados en las ordenanzas municipales de cada ciudad. En el ámbito del diseño se deberían incorporar en la norma nacional especificaciones más estrictas sobre la disposición de las paredes de relleno de mampostería, a fin de garantizar que estos componentes no afecten desfavorablemente el desempeño estructural.
- Las construcciones hechas en el país antes de 1982 y especialmente antes de 1967, aun cuando hayan sido objeto de un diseño sismorresistente, son vulnerables ante la acción de los sismos y deben

ser objeto de revisión y eventualmente de refuerzo estructural. Se deben priorizar las construcciones vitales que son necesarias en emergencias, las de mayor antigüedad y las localizadas en las zonas de mayor sensibilidad sísmica.

- Nuevas ordenanzas son necesarias en donde se establecería un plazo máximo de tres años para completar la evaluación de riesgo sísmica y diagnóstico de la edificación, y un lapso posterior de tres años para acometer el reforzamiento y adecuación a las normas sismorresistentes vigentes. La ordenanza establecería la exoneración del pago de ciertos impuestos durante un número de años a los propietarios de inmuebles que completen el estudio de vulnerabilidad sísmica y lleven a la práctica la construcción del refuerzo.
- Las políticas de desarrollo no son viables si no incluyen consideraciones para la gestión del ambiente que propicien la mitigación del riesgo. Es necesario aceptar que la vulnerabilidad de la población es un problema estructural, de raíces sociales, por lo que, en América Latina, las políticas de mitigación de riesgos y prevención de desastres se asocian ineludiblemente con la lucha contra la pobreza, con la educación y el fortalecimiento de las instituciones públicas. Los esfuerzos que se hacen en Venezuela, y en la mayor parte de los países latinoamericanos, en prevención de desastres, son todavía limitados.
- No hay suficientes centros de formación e investigación, técnica ni científica, con el fin de lograr un desarrollo armónico con el ambiente, es un problema no sólo del Estado, sino de la población en general. Es vital insistir, por medio de políticas públicas, en inversiones, no sólo orientadas a programas de reducción de la vulnerabilidad a corto plazo, sino a la formación y educación de la población en convivencia con las amenazas ambientales, a fin de contribuir con la creación y consolidación del capital social, base necesaria para el desarrollo. El éxito de estas acciones sólo se pudiese garantizar con un cambio en la percepción del problema por parte de la población y de las autoridades para lo cual se requiere del uso de medios masivos de comunicación para implantar una cultura de preparación ante los futuros terremotos.
- En el Desarrollo de una Cultura Sismorresistente; la Información y divulgación del riesgo sísmico es el éxito de estas acciones sólo se

podría garantizar con un cambio en la percepción del problema por parte de la población y de las autoridades, para lo cual se requiere de preparar un programa de difusión que mediante el uso de medios masivos de comunicación logre implantar una cultura de preparación ante los futuros terremotos. El uso de la televisión y de Internet es obligatorio. Vista la enorme capacidad productiva del sector de construcción popular, es altamente deseable disponer en forma permanente de manuales y guías que orienten en la tarea de construir viviendas seguras.

- Como función importante se debe comenzar a incluir los sistemas constructivos en el ámbito de la Gran Misión Vivienda Venezuela en la cual, motivado a la urgencia de satisfacer las necesidades de miles de familias, se importan sistemas constructivos de países donde la amenaza sísmica no es el factor dominante, o se desarrollan localmente novedosos sistemas constructivos no tipificados en las normas que no tienen el respaldo experimental necesario para garantizar su seguridad en zonas de sensibilidad sísmicas. Esta revisión y evaluación es doblemente necesaria cuando se desarrollan proyectos cuya construcción es de carácter repetitivo, es decir un único diseño estructural tiene incidencia en un número grande de construcciones y de usuarios.
- Se deberán generar las ordenanzas necesarias para que efectivamente se realice una revisión de los aspectos estructurales y sismorresistentes de los proyectos de construcción que se tramitan en los entes municipales (ingeniería municipal), con la finalidad de garantizar el cumplimiento estricto de la norma sismorresistente.
- Es necesario garantizar la operatividad de las infraestructuras necesarias en situaciones de emergencia, definidas aquí como edificaciones vitales, tales como hospitales, edificios de bomberos y protección civil, escuelas, estaciones de servicio, viaductos y puentes estratégicos y edificios de asiento de los poderes públicos, mediante la aplicación del conocimiento y de las tecnologías existentes. En ese sentido, la actualización de la norma sismorresistente nacional establecería los requerimientos a cumplir en el reforzamiento sísmico de la edificación existente, requerimientos que no necesariamente tendrían que ser idénticos a los exigidos en el diseño de nuevas edificaciones y

podrían aceptarse niveles de desempeño menos exigentes teniendo en cuenta la vida útil ya cubierta por la construcción.

- Adicionalmente a las edificaciones vitales, se deberá evaluar también con carácter prioritario el sistema de generación y transmisión de energía eléctrica de manera de garantizar su operatividad después de un sismo. Atención especial tendrán los equipos de las subestaciones eléctricas de voltaje igual o mayor a 220 Kv, de la red de agua potable y estaciones de servicios, por su comprobada vulnerabilidad a sismos que actúan como una zona de mayor sensibilidad sísmica, por ser prioritario después de la ocurrencia de un sismo, al igual que todos los servicios públicos. Es una tarea enorme, descomunal, pero urgente. Los recientes desastres “naturales” nos obligan a entender y asumir que, en realidad, las catástrofes se construyen socialmente. No son únicamente eventos naturales: se convierten en desastres solamente cuando el hombre ha intervenido inadecuadamente el ambiente.

6.2. Recomendaciones

Es de suma importancia tener en cuenta el efecto que sobre las construcciones tenga la propagación de la onda sísmica a través de los estratos de suelo subyacentes, siendo de gran interés recopilar la mayor información posible a través de estudios geofísicos y geológicos, que permitan determinar el comportamiento de la terraza sobre la cual se encuentra apoyada la Ciudad. Dichos resultados podrían contribuir a mejorar las normativas municipales de ordenamiento del uso de la tierra en la ciudad de Mérida.

Debido a la alta actividad sísmica de la ciudad de Mérida, son de vital importancia los estudios geofísicos, puesto que éstos, pueden ser tomados en cuenta en las restricciones a los tipos de construcciones y los parámetros de diseño para las diferentes zonas de la ciudad, así como para determinar posibles escenarios de daños durante sismos futuro.

Son evidentes los factores de amenaza y vulnerabilidad por la que está expuesta el área Metropolitana de Mérida lo que genera condiciones de riesgo y en muchos casos no se pueden evitar, pero es probable plantear acciones para disminuirlos o reducirlos, por esta razón se recomienda:

- A las instituciones del sector vivienda, tomar en cuenta la variable riesgo y desarrollar proyectos para gestionar o diligenciar ante el estado la posibilidad de aportar más recursos destinados para actuar de forma anticipada, a fin de manejar las condiciones de riesgo existentes y evitar la ocurrencia de desastres.
- En este sentido, las instituciones deben buscar medidas de seguridad, trabajar en equipo, utilizar elementos y técnicas adecuadas, realizar procesos de capacitación tanto del personal como de los actores sociales.
- Se requiere preparar protocolos de emergencia, programas de rehabilitación y reconstrucción, todo esto a fin de corregir los errores y mejorar su capacidad de respuesta. Si no se puede actuar sobre el factor amenaza se debe hacer sobre las debilidades de las instituciones o de los sistemas frente a las mismas.
- Es conveniente ampliar el estudio de sensibilidad sísmica para líneas vitales en el área Metropolitana de la ciudad de Mérida, incluyendo por ejemplo el sistema de electricidad, el sistema de telecomunicaciones, los viaductos y enlaces más importantes de la ciudad. Ya que hasta el momento solo se cuenta con un estudio de riesgo sísmico del sistema de agua potable, y un daño medio en el sistema de vialidad de la ciudad.
- Después, de este proceso de investigación, se hace necesario la socialización de los productos obtenidos, para que con la ayuda de las articulaciones necesarias con los diferentes actores que se involucran en la gestión de riesgo del área urbana de Mérida, se ayude en la toma de decisiones para la mitigación, de Atención, Respuesta y Recuperación ante el agravamiento que genera el contexto social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA, C. (1989). Geografía Urbana de una Ciudad. El Caso de Mérida. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Mérida - Venezuela. 101 p.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). 1996. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia. Bogotá: AIS.

ARANGUREN, R., J. CHOY, B. EVANS Y C. FERRER, (1999): «Informe sobre las actividades realizadas durante las tres campañas de medición de flujo de gas radón en la Zona de Fallas de Boconó, en el edo. Mérida». Informe para Fonacit.

Ayala, C. 2002. Riesgos Naturales. Editora Ariel Ciencia S.A., Barcelona-España. 1512p.

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (2009). Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de enero de 2009.

ALTEZ, R. (2009). Ciclos y sistemas versus procesos: Aportes para una discusión con el enfoque funcionalista sobre el riesgo. Documento en línea. Desacatos (30), 111-128 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-92742009000200008&lng=es&tlng=es ISSN 1607-050X [Consulta: 2015, 30 de julio]

Astorga A. (2011). "Resiliencia sísmica del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida". Proyecto del Trabajo Especial para optar al grado de Especialista en Gestión de Sistemas de Abastecimiento, Recolección y Tratamiento de Aguas. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Benedetto, G. y O. Odreman. (1977). Nuevas evidencias paleontológicas en la Formación La Quinta, su edad y correlación con las unidades aflorantes en la

Sierra de Perijá y Cordillera Oriental de Colombia: Mem. V Cong. Geol. Ven., 1: 87-106.

Brabb, E. (1995). "The San Mateo County California GIS Project for predicting the consequences of hazardous geologic processes", en Geographical Information Systems in Assessing natural Hazards. Carrara y Guzzetti (Editores). Kluwer Academic Publishers. Selected contributions from the International Held in Perugia- Italy.

Banco Interamericano de Desarrollo, BID. (2000). "El Desafío de los Desastres Naturales en América Latina y El Caribe: Plan de Acción del BID". Departamento de Desarrollo Sostenible. Washington, D.C. Consultado el día 22/04/2010, de la World Wide Web: www.iadb.org

Blondet, M., Torrealva, D., Vargas, J., Ginocchio, F., Velásquez, J. (2006). Seismic Reinforcement of Adobe Houses using External Polymer Mesh. 8NCEE, San Francisco, April 2006.

www.bdigital.ula.ve
Benítez J. (2007) Estudios de Impacto Ambiental, Notas de clase. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.

Cabello, O. (1969). "Estudio Geomorfológico del área de Mérida y sus alrededores". Tesis de grado. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Merida, Venezuela

CONGRESO DE COLOMBIA. (1997). Ley 400 de 1997, por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes. Diario Oficial No. 43.113 de agosto 25 de 1997. Bogotá, Colombia.

Camargo, M. y Guerrero O. (1997). "Repercusiones ambientales significativas en la ciudad de Mérida, Venezuela". Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

CEPAL. (1998). Ciudades intermedias de América Latina y el Caribe: propuestas para la gestión urbana. Santiago de Chile: Ministero degli Affari Esteri Cooperazione Italiana.

Centro Nacional de Prevencion de Desastre. (2001). Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. México: Sistema Nacional de Protección Civil. Mexico.

Corporacion Andina de Fomento (CAF). 2002. <http://www.caf.com/espanolold/01b02e.asp>.

CARDONA OMAR (2003). La necesidad de pensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Documento en línea. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-082003.pdf [consulta 16 de marzo de 2015].

Castillo G., A. (2005). "Seismic risk scenarios for buildings in Mérida, Venezuela. Detailed vulnerability assessment for non-engineered housing" Tesis Doctoral. Departamento de Estructuras en la Arquitectura, Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Cardona, O.D.; Lavell, A.; Mansilla, E.; Moreno, A.; (2005). Avances en las estrategias de desarrollo institucional y sostenibilidad financiera de la gestión del riesgo de desastres en américa latina y el caribe. BID, Dialogo regional de Política sobre prevencion de desastre. Washington.

Carreño, M. (2006). Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya [Documento en línea]. Disponible: <http://www.thesisenxarxa.net/TDX-1102106-110455/index.html> [Consulta: 2009, Enero 4].

Corporación de Los Andes, CORPOANDES. (2009). Formulación del Plan de Manejo de cuencas de la región Occidental tributarias al lago de Maracaibo. Etapa I: cuenca del río Chama, subcuenca río Mocoties. Mérida, Venezuela.

CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA (2014)
<http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/merida.pdf>.

Corredor, Z , Dugarte, L. (2010). "EL cuaternario en el área metropolitana de Mérida una visión general". Tesis de grado. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Geologica. Mérida, Venezuela.

Declaratoria de Zona Protectora de la Cuenca del Río Albarregas. (Decreto No 1.379). (1973, Agosto 22). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 30.186. Agosto 27, 1973.

Donoso, V. (1998). *Estudio de Vulnerabilidad Geográfica y Social de una Ciudad. El caso de la ciudad de Mérida*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería.

Fundacion Venezolana de Investigaciones Sismológicas. (2009).
<http://www.funvisis.gob.ve>. Retrieved Agosto 16, 2014, from
<http://www.funvisis.gob.ve>: <http://www.funvisis.gob.ve/amenaza.php>.

FUNDAPRIS, (2012). Proyecto de investigación aplicada a la gestión integral del riesgo en espacios urbanos. Sub - Proyecto: Riesgo Sísmico. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias.

Genatios, C. y Lafuente, M. (2003), «Vivienda: la política por hacer» Question No.1 año 2, Caracas y HYPERLINK "<http://www.ucab.edu.ve/>" http://www.ucab.edu.ve/clubderomaVenezuela/arch_nac/cg_0703.pdf

Gajardo, E. (n.d.). <http://www.funvisis.gob.ve/>. Retrieved julio 15, 2014, from <http://www.funvisis.gob.ve/>:<http://www.funvisis.gob.ve/archivos/www/terremoto/Papers/Doc033/doc033.htm>

Hernández, M. (2012). *Variación de la disponibilidad a pagar por la conservación del recurso hídrico de las fuentes abastecedoras de agua potable de la ciudad de Mérida*. Mérida, Venezuela: CIDIAT-ULA.

Iannuzi, L. (1997). *Aplicación de una metodología orientada a objetos para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en apoyo a la Gestión de Administración y Desastres naturales*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. CIDIAT.

INE. (2011). *Instituto nacional de estadística de la República Bolivariana de Venezuela*. Recuperado el 2010 de Agosto de 20, de Censo 2001 de Venezuela: HYPERLINK "<http://www.ine.gov.ve/>" <http://www.ine.gov.ve/> .

Jaramillo, N. (2014). *Evaluación holística del riesgo sísmico en zonas urbanas y estrategias para su Mitigación. Aplicación a la ciudad de Mérida-Venezuela*. Tesis doctoral. Departamento de ingeniería del terreno, Cartográfica y geofísica Universidad politécnica de Cataluña. Cataluña- España.

Lafaille, J. (1996). *Escenario Sísmico de la Ciudad de Mérida*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. Departamento de Física.

Laffaille, J., & Ferrer, C. (2005). El terremoto de Mérida de 1812: escudriñando entre las páginas de una novela inconclusa en busca de información acerca de una historia real. *Revista Geográfica Venezolana*, 46.

México, C. N. (2001). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana*. México: Sistema Nacional de Protección Civil.

Marquez, M. (2009). *Estimación de Riesgo Sísmico y sus efectos en la Red Eléctrica. Caso de estudio: Área Metropolitana de Mérida*. Tesis de grado. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería de Sistema. Mérida, Venezuela.

Ortega, C. (2011, Junio 15). *Arquitexto.com*. Retrieved Agosto 2014, 16, from <http://arquitexto.com/2011/06/la-vulnerabilidad-el-riesgo-sismico/>

Padron, C. (2009). *Lineamientos para la consideracion del riesgo sismico en la planificacion urbana del municipio Chacao, estado Miranda*. Caracas, Venezuela: Universidad Simon Bolivar.

Pacheco, A. (2012). *"Indicadores de Desarrollo Zona Metropolitana de Mérida. Reporte 2012"*. Yucatan, México: Observatorio Metropolitano de Yucatán (OMY)".

Pérez, A. (2012). *Seminario-taller sobre espacios públicos cultura ciudadana y espacios públicos. La cultura ciudadana en espacios de movilidad vial. Una propuesta para su atención en sectores de la ciudad de Mérida*. Universidad de Los Andes-Mérida- Venezuela.

Proyecto Prevenimos Desastres Planificando Seguro. (2016). Plan Territorial Sostenible (PTS) del municipio Libertador del estado Mérida. Gestión del Riesgo de Desastres, Fortalecimiento de Capacidades y Procesos de Planificación Estratégica Participativa para el Desarrollo Local Sostenible del Territorio.

Quintero, D., & Ussher, J. (n.d.). <http://www.civil.cicloides.com/>. Retrieved Agosto 16, 2014, from <http://www.civil.cicloides.com/>: <http://www.civil.cicloides.com/>

Rebotier, J. (2006). *Método de localización de los heridos en el caso de un terremoto en la ciudad de Mérida, Venezuela*. Mérida, Venezuela: Revista Geográfica Venezolana, Vol. 47(2) 2006, 187-200.

Rozo, M. (1997). *"Identificación de sitios optimos para el establecimiento de centros de atención médica especializados (CAMES) en situaciones de desastres sismicos, estudio de caso Mérida, Venezuela"*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. CIDIAT.

Safina, S. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica.

Salvatierra, M. (1993). *Estudio Preliminar sobre Vulnerabilidad Sismica en la Ciudad de Mérida*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. Facultad de Arquitectura.

Sandia L., y Henao A., (2001). Sensibilidad ambiental y sistemas de información geográfica 2001. Centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial (cidiat). Mérida, Venezuela.

Torres, J. (2005). Reflexiones del V curso internacional sobre el manejo de SIG para La mitigación de los riesgos de desastres. [Artículo en línea]. Disponible: http://geofocus.rediris.es/2005/Informe7_2005.pdf. [Consulta: 2006, diciembre 19].

Universidad de Los Andes. 1997. "Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá." Bogotá: Ingeominas.

UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Disponible en https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Varnes, D. 1978. Slope Movement: Types and Proceses. In Schuster y Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 234 p.

Vielma A. y Parra J., (2009). "Distribución y génesis de los depósitos cuaternarios del área metropolitana de Mérida. Sector comprendido entre el

viaducto Campo Elías y el viaducto Miranda”. Universidad de los Andes.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Geológica. Merida Venezuela.

www.bdigital.ula.ve

APENDICES

www.bdigital.ula.ve

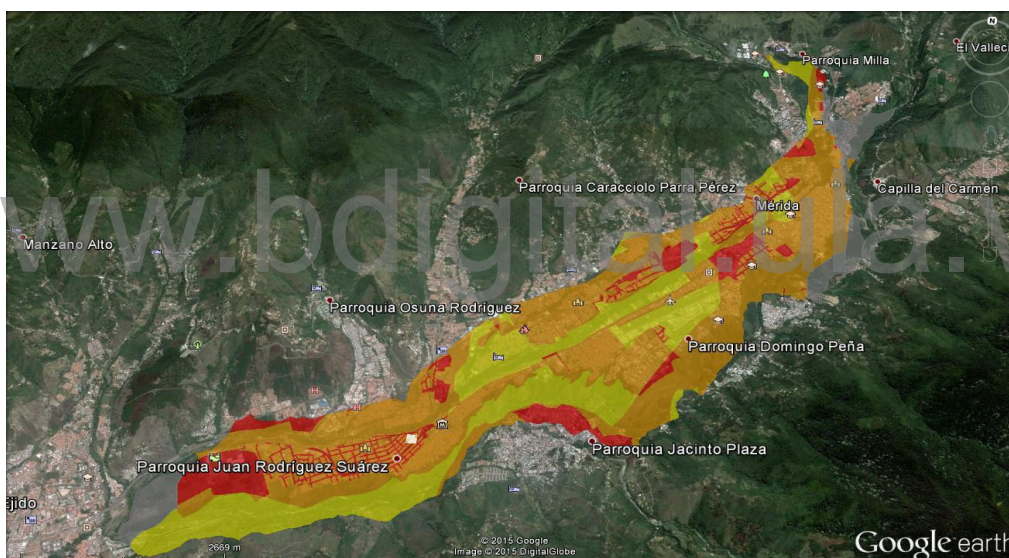
**APÉNDICE A. ENCUESTA APLICADA A EXPERTOS PARA LA
DETERMINACIÓN DEL PESO DE LOS FACTORES PARA EL ANÁLISIS
DE SENSIBILIDAD SISMICA.**

www.bdigital.ula.ve

Introducción

La Gestión de Riesgos juega un papel importante puesto que comprende un gran conjunto de acciones destinadas a transformar los escenarios de riesgos, identificando las potenciales amenazas y vulnerabilidades presentes en el ámbito geográfico de un proyecto, proponiendo métodos de prevención y mitigación para reducir dichos riesgos y fortaleciendo estrategias de preparación y respuesta para afrontar de la mejor manera posible los posibles impactos potenciales.

El propósito de realizar esta investigación consiste en crear lineamientos capases de medir la gestión de riesgo en el ámbito del desarrollo urbano en el área metropolitana de Mérida, mediante zonas de sensibilidad sísmica, a fin de pasar a una gestión que identifique aéreas de muy alta sensibilidad en la ciudad.



Localización del Área de Estudio

Instructivo

Este ejercicio tiene por objeto la consulta a expertos en diferentes áreas científicas a fin de calificar los pesos ponderados de los indicadores utilizados en el Análisis de Sensibilidad Sísmica.

Para el desarrollo de este estudio se utiliza la metodología desarrollada por Saaty (1977), la cual contempla la comparación por pares en el contexto de toma de decisiones. En tal sentido, a los fines de determinar los pesos ponderados de los distintos parámetros utilizados en el Análisis de Sensibilidad Sísmica, se somete a su consideración la siguiente matriz de comparación por pares. Dicha

matriz está compuesta por cuatro (8) criterios considerados como relevantes para evaluar el **Análisis de Sensibilidad Sísmica para el Proyecto “Procedimiento para la Zonificación de Sensibilidad Sísmica. Caso de estudio: Área Metropolitana de Mérida”**. Esta matriz consta de filas y columnas donde se ubican los factores de comparación y de una diagonal que separa las celdas ubicadas en la parte inferior (de fondo gris) y las celdas ubicadas en la parte superior (de fondo blanco).

Se pretende que cada experto determine la importancia de los criterios en función de su experiencia y conocimiento, con el fin de obtener los pesos ponderados para cada uno de los criterios considerados dentro del análisis.

A tales efectos, le pedimos a usted que llene sólo las celdas en blanco, considerando el primer criterio ubicado en las filas y comparándolo con el segundo criterio ubicado en las columnas. Rellene en la celda en blanco el número del criterio que usted considera más importante entre los dos. Continúe por favor comparando todos los criterios hasta completar todas las celdas en blanco. Considere como insumo: la introducción al Proyecto dada anteriormente, la vista del área de influencia físico natural del mismo, dada a continuación y la descripción de los factores tomados en cuenta para el análisis.

www.bdigital.ula.ve

Ejemplo para el llenado de la matriz:

Se desea conocer la preferencia del consumo en frutas tropicales a través de una matriz de comparación por pares. El experto realizará la comparación de cada fila con cada columna.

Factor	Piña (1)	Cambur (2)	Mango (3)
Piña (1)		2	3
Cambur (2)			3
Mango (3)			

Si el experto prefiere el consumo de cambur al consumo de piña colocará en la segunda celda de la primera fila el valor 2.

Si el experto prefiere el consumo de mango al consumo de cambur colocará en la tercera celda de la segunda fila el valor 3

A continuación llene la siguiente matriz de comparación por pares para el proceso de sensibilidad Sísmica del Área Metropolitana de la Ciudad de Mérida:

Descripción de cada factor:

I. **Sensibilidad por zonas sísmicas:** de acuerdo al Proyecto de investigación aplicada a la gestión integral del riesgo en espacios urbanos, fueron tomados los valores de espesores de sedimentos obtenidos por la gravimetría y velocidades de onda Vs30. Lo cual determinaron: **Zona 1-1** Representa la zona con velocidades entre 350m/s y 650m/s y con espesores entre 0m y 60m; **Zona 1-2** Se refiere a la zona con velocidades entre 350m/s y 650m/s y profundidades mayores a 60m; **Zona 2-1** Velocidades igual o mayor a 650m/s y con espesores entre 0m y 60. La zona de falla de Boconó, es la estructura geológica activa más importante de la Cordillera de Mérida, el cual, representa el extremo más occidental del Sistema de fallas de Boconó – Morón – El Pilar. Se representaran las fallas activas Boconó y Mucuy; representada como categoría muy alta y fallas potencialmente activas Albarregas, Hechicera y Jají como categoría alta. Esta información fue tomada del trabajo de investigación de la “*Cartografía de las fallas activas en el área Metropolitana de Mérida con fines de Microzonificación Sísmica 2016*”.

II. **Sensibilidad por índice de destrucción de Viviendas:** El modelo numérico de Laffaille (1996) propone una ecuación que estima la vulnerabilidad física para cada tipo de construcción. Los resultados varían entre 0 y 1 (0: destrucción total y 1: ningún daño) y son, en cada sector del área de estudio, ponderados por las proporciones de los diferentes tipos de edificios.

III. **Sensibilidad por densidad de población:** de acuerdo a la información disponible en el Plan de Ordenación Urbanística de Mérida (POU, 1999) busca evaluar la repartición de la población en estas unidades espaciales; **muy baja** 0hab/km; **Baja** de 0 a 4500 hab/km; **Moderada** de 4500 a 6000 hab/km; **Alta** de 6000 a 10000hab/km; **Muy Alta** >10.000 hab/km.

IV. **Sensibilidad por Líneas Vitales:** las líneas vitales se analizaron en los resultados tomados por (*Escalante y Palmar, 1978, en Guerrero, 1992*) de manera específica ante un evento sísmico. Se tomo en cuentan las más importantes como parte del desarrollo de la ciudad, como son la **vialidad, línea de alta tensión, y las estaciones de servicio**, estos factores se plantean como escenarios urbanos multi-amenaza; al igual que las estaciones de servicios fueron analizados por distancia de afectación relacionado con el almacenamiento de los tanques de

combustibles de **capacidad 15.900 m³ hasta 600 m³** estos resultados tienen incidencia en experiencia internacionales tomados de un estudio de la (CENAPRED, 2001); (Centro nacional de Prevención de desastre México) y (PAOT, 2003); (Procuraduría Ambiental y del ordenamiento territorial México) .

- V. **Sensibilidad por Movimiento de Masa:** para la geomorfología se partió de la información presentada por *Ramírez (2010)*, *INGEOMIN (2009)* y *Peña (1973)*, mediante un análisis y revisión que permitió la caracterización de las unidades geomorfológicas que se presentan a lo largo de la ciudad. Por otra parte también se describieron los niveles de susceptibilidad a movimientos de masa, a través de un estudio de línea base correspondiente a la zonificación de la susceptibilidad a movimientos de masa para la terraza de Mérida de parte de *Ramírez (2010)*, para lo cual solo se extrajo la información correspondiente al área de estudio por su proceso geomorfológico.
- VI. **Sensibilidad por Ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza (talud):** La amplificación de las ondas sísmicas en la cercanía de los bordes de taludes, ha sido documentada por diversos autores y ha sido comprobado experimentalmente en el caso de la meseta donde se ubica la ciudad de Mérida, mediante la comparación de los registros sismológicos obtenidos gracias a la instalación de estaciones en diferentes sectores de la terraza. Se categoriza muy escarpa > 50% y escarpado entre 25 -50%; referencia (POU, 1999).
- VII. **Sensibilidad por Fragilidad Socioeconómica:** conjunto de relaciones, comportamientos, formas de organización comunitaria, capacidad de auto-organizarse y maneras de actuar de las personas y la comunidad (solidaridad y apoyo mutuo); estos elementos indican cuan vulnerable puede ser una población Referencia (*Cardona, 2001*).
- VIII. **Sensibilidad institucional por Capacidad de Anticipación, Respuesta y Recuperación:** Se refiere que las instituciones cuenten con una estrategia eficaz y eficiente para la gestión del riesgo a fin de actuar debidamente; una localidad donde las instituciones trabajen de manera coordinada bajo el enfoque de gestión de riesgo permitirá reducir el impacto que puede ocurrir un evento sísmico En este sentido dentro de la Ciudad de Mérida se puede mencionar la participación de la Alcaldía del municipio Libertador la cual se encarga de crear normativas municipales para la restricción de las construcciones en áreas no debida bajo un ordenamiento Municipal, para velar por el proceso de urbanización el cual debe enmarcarse a lo establecido en el respectivo Plan de Ordenación Urbanística.

**Matriz de comparación por pares para determinar el Proyecto Análisis de Sensibilidad Sísmica:
 “Procedimiento para la Zonificación de Sensibilidad Sísmica. Caso de estudio: Área Metropolitana de Mérida”**

	Sensibilidad por zonas sísmicas	Sensibilidad por fallas Geológicas	Sensibilidad por movimiento de masa	Sensibilidad por densidad de población	Sensibilidad por ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza	Sensibilidad por índice de destrucción de viviendas	Sensibilidad por líneas vitales	Sensibilidad por fragilidad socio-económica	Sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sensibilidad por zonas sísmicas	1								
Sensibilidad por fallas Geológicas	2								
Sensibilidad por movimiento de masa	3								
Sensibilidad por densidad de población	4								
Sensibilidad por ubicación de estructuras en área sujeta a amenaza	5								
Sensibilidad por índice de destrucción de viviendas	6								
Sensibilidad por líneas vitales	7								
Sensibilidad por fragilidad socioeconómica	8								
Sensibilidad por capacidad de anticipación, respuesta y recuperación	9								

APÉNDICE B. CÁLCULO DEL PESO DE LOS FACTORES

www.bdigital.ula.ve

Tabla B.1. Selección de la importancia de los factores por cada juez o experto consultado

		Frecuencia (F)																		
		Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Juez 6	Juez 7	Juez 8	Juez 9	Juez 10	Juez 11	Juez 12	Juez 13	Juez 14	Juez 15	Juez 16	Juez 17	Juez 18	Juez 19
1	Sensibilidad por zonas sísmicas	12	12	17	5	11	9	14	7	13	7	8	7	10	2	16	7	8	8	15
2	Sensibilidad por índice de Agravación	3	2	5	6	2	5	2	6	5	4	3	6	5	6	3	6	7	5	4
3	Sensibilidad por densidad de población	9	5	4	6	0	10	3	5	3	7	4	7	1	2	6	6	6	2	3
4	Sensibilidad por Líneas Vitales	4	5	3	7	7	12	1	12	5	11	13	5	3	9	7	8	6	5	3
5	Sensibilidad por Movimiento de Masa	7	5	6	4	8	3	7	4	1	4	7	8	4	7	8	9	8	8	6
6	Sensibilidad por cercanía al talud	7	8	7	5	5	2	7	6	1	1	7	6	7	8	3	5	9	8	5
7	Sensibilidad por Fragilidad Socioeconómica	3	6	2	9	3	2	6	1	9	3	0	2	8	2	2	2	1	5	9
8	Sensibilidad por Capacidad institucional	0	2	1	3	9	2	5	4	8	8	3	4	7	9	0	2	0	4	0
	Sumatoria	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

Tabla B.2. Valor ponderal de cada factor considerado.

		Valor Ponderal (VP)																		
		Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Juez 6	Juez 7	Juez 8	Juez 9	Juez 10	Juez 11	Juez 12	Juez 13	Juez 14	Juez 15	Juez 16	Juez 17	Juez 18	Juez 19
1	Sensibilidad por zonas sísmicas	0,266	0,2666	0,3777	0,1111	0,2444	0,2	0,3111	0,1555	0,2888	0,1555	0,1777	0,1555	0,2222	0,0444	0,3555	0,1555	0,1777	0,1777	0,3333
2	Sensibilidad por índice de Agravación	0,0666	0,0444	0,1111	0,1333	0,0444	0,1111	0,0444	0,1333	0,1111	0,0888	0,0666	0,1333	0,1111	0,1333	0,0666	0,1333	0,1555	0,1111	0,0888
3	Sensibilidad por densidad de población	0,2	0,1111	0,0888	0,1333	0	0,2222	0,0666	0,1111	0,0666	0,1555	0,0888	0,1555	0,0222	0,0444	0,1333	0,1333	0,1333	0,0444	0,0666
4	Sensibilidad por Líneas Vitales	0,0888	0,1111	0,0666	0,1555	0,1555	0,2666	0,0222	0,2666	0,1111	0,2444	0,2888	0,1111	0,0666	0,2	0,1555	0,1777	0,1333	0,1111	0,0666
5	Sensibilidad por Movimiento de Masa	0,1555	0,1111	0,1333	0,0888	0,1777	0,0666	0,1555	0,0888	0,0222	0,0888	0,1555	0,1777	0,0888	0,1555	0,1777	0,2	0,1777	0,1777	0,1333
7	Sensibilidad por cercanía al talud	0,1555	0,1777	0,1555	0,1111	0,1111	0,0444	0,1555	0,1333	0,0222	0,0222	0,1555	0,1333	0,1555	0,1777	0,0666	0,1111	0,2	0,1777	0,1111
8	Sensibilidad por Fragilidad Socioeconómica	0,06666	0,1333	0,0444	0,2	0,06666	0,0444	0,1333	0,0222	0,2	0,0666	0	0,0444	0,1777	0,0444	0,04444	0,0444	0,0222	0,111	0,2
9	Sensibilidad por Capacidad institucional	0	0,0444	0,0222	0,0666	0,2	0,0444	0,1111	0,0888	0,1777	0,1777	0,0666	0,0888	0,1555	0,2	0	0,0444	0	0,0888	0

APÉNDICE C. CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DOMICILIARIAS

www.bdigital.ula.ve