



CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

PROYECTO MIDAS

**ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y ESCENARIOS DE RIESGO POR
MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y CRECIENTES
TORRENCIALES DEL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DE LOS
MUNICIPIOS DE BUGA, RIOFRÍO, DAGUA, EL CAIRO Y LA
UNIÓN**

**ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y
ESCENARIOS DE AFECTACIÓN O DAÑO
MUNICIPIO DE EL CAIRO**

**SUPERVISIÓN A CARGO DE
HIDROOCCIDENTE**

Santiago de Cali, Julio 2010

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1. ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN	7
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	10
3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN	20
3.1 GENERALIDADES	20
3.2 ESCENARIO DE AMENAZA CRÍTICO PARA EL MUNICIPIO DE EL CAIRO	21
3.3 IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	24
3.3.1 Elementos corporales	25
3.3.2 Elementos estructurales	35
3.6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESPECÍFICA Y GLOBAL	53
3.7 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN O DAÑO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	59
3.8. DETERMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DIURNO Y NOCTURNO	61
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5. BIBLIOGRAFÍA	69
6. GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES	73
7. ANEXOS	78
Anexo 1.1 Guía metodológica para diligenciar el formulario para la evaluación de vulnerabilidad y de escenarios de afectación corporales y estructurales.	79
Anexo 2.1 Encuesta	82
Anexo 2.2 Métodos de clasificación	86
Anexo 3.1. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación corporales y estructurales	91
8. MAPAS	100
<i>Mapa 3.1 Zonificación de la vulnerabilidad global</i>	
<i>Mapa 3.2 Zonificación de la afectación</i>	

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1 Asignación de importancias relativas entre variables	11
Tabla 2.2 Ponderación de la Exposición	12
Tabla 2.3 Ponderación de la Fragilidad Estructural	13
Peso_var: Peso de la variable; peso_par: peso del parámetro	13
Tabla 2.5 Escala numérica-Grados de Vulnerabilidad	16
Tabla 2.6 Índices de afectación	16
Tabla 2.7 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Remoción en Masa	17
Tabla 2.8 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones	17
Tabla 2.9 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Avenidas Torrenciales	17
Tabla 2.10 Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario	18
Tabla 3.1 Representación estadística de la información a nivel de manzana	25
Tabla 3.2 Escenario de afectación Diurno	62
Tabla 3.3 Escenario de afectación Nocturno	62

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 3.1 Panorámica de la cabecera municipal de El Cairo.	20
Figura 3.2 Localización general de la cabecera municipal de El Cairo.	21
Figura 3.3 Zonificación de la amenaza.	23
Figura 3.4 Densidad de Habitantes en el municipio de El Cairo.	26
Figura 3.5 Distribución de frecuencia de edades del jefe de hogar.	27
Figura 3.6 Distribución espacial de la edad del jefe de hogar.	28
Figura 3.7 Distribución espacial de la jefatura del hogar por género.	30
Figura 3.8 Distribución espacial de la escolaridad alcanzada por el jefe del hogar.	32
Figura 3.9 Distribución de frecuencia de dependencia infantil.	33
Figura 3.10 Distribución espacial del indicador de dependencia infantil.	34
Figura 3.11 Densidad de viviendas.	36
Figura 3.12 Distribución porcentual del tipo estructural de las viviendas.	37
Figura 3.13 Distribución espacial del tipo de construcciones.	38
Figura 3.14 Distribución porcentual del tipo de cubierta de las viviendas.	39
Figura 3.15 Distribución geográfica del tipo de cubierta.	40
Figura 3.16 Distribución porcentual del estado estructural de las viviendas.	41
Figura 3.17 Distribución espacial del estado estructural de las viviendas.	42
Figura 3.18 Distribución de las viviendas según número de pisos.	43
Figura 3.19 Distribución del avalúo catastral.	45
Figura 3.20 Niveles de exposición corporal.	47
Figura 3.21 Niveles de exposición estructural.	48
Figura 3.22 Exposición corporal.	49
Figura 3.23 Exposición estructural.	49
Figura 3.24 Distribución espacial de la fragilidad corporal.	51
Figura 3.25 Distribución espacial de la fragilidad estructural.	52
Figura 3.26 Niveles de vulnerabilidad corporal.	53
Figura 3.27 Niveles de vulnerabilidad estructural.	53
Figura 3.28 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal.	55
Figura 3.29 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural.	56
Figura 3.30 Niveles de vulnerabilidad global.	57

<i>Figura 3.31 Zonificación de la vulnerabilidad global.</i>	58
<i>Figura 3.32 Zonificación del nivel de afectación.</i>	60
<i>Figura 3.33 Distribución porcentual según nivel de afectación.</i>	61
<i>Figura 3.34 Población según el nivel de afectación diurno</i>	63
<i>Figura 3.35 Población según el nivel de afectación nocturno.</i>	63

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de fenómenos naturales, tales como deslizamientos, inundaciones y avenidas torrenciales, entre otros, representan un retraso en el desarrollo de las comunidades afectadas y una carga económica significativa para los gobiernos que las respaldan. Esta situación se ve agravada por una condición de vulnerabilidad, en la que amplios sectores de la población carecen de las herramientas necesarias para recuperarse e incluso prepararse adecuadamente para afrontar un desastre. Los fenómenos naturales, como es bien sabido, no constituyen *per se* un riesgo, sino que se transforman en tal cuando interactúan con una comunidad. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se produzcan daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se genere un aumento de los elementos expuestos (nuevas construcciones y aumento de población), habrá un incremento considerable en los daños provocados.

Queda en evidencia, pues, la necesidad de una correcta evaluación de los daños y pérdidas que se pueden generar a partir de la interacción entre un fenómeno natural y una comunidad expuesta al mismo, con miras a la creación de acciones y políticas para la gestión del riesgo desde el punto de vista del desarrollo, entendido éste como una condición social en la cual las necesidades de una población son satisfechas con el uso racional y sostenible de los recursos de que dispone. Conceptualmente el *Riesgo* ó *Escenarios de Afectación* se considera como una condición social en función de dos factores, a saber: *la peligrosidad* ó *Amenaza* y *la Vulnerabilidad*, de igual forma éste último factor depende del *grado de exposición* y del *nivel de fragilidad* de los distintos elementos que la conforman:

$$R = A \times V ; V = E \times F .$$

Donde

R: Riesgo; A: Amenaza; V: Vulnerabilidad; E: Exposición; F: Fragilidad.

El presente informe pretende aportar elementos de juicio para la toma de decisiones y medidas para la prevención de daños debido a los fenómenos de remoción en masa, para ello se realiza un acercamiento integral al riesgo desde la vulnerabilidad y los posibles escenarios de afectación que se presentan en la cabecera del municipio de El Cairo; para modelar tales factores se hace uso de técnicas y herramientas de análisis espacial tales como la estadística y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales facilitan la comprensión de los resultados enfocados a la gestión local del riesgo.

**1. ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA
VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

1. ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

En este estudio se propone un modelo conceptual de la vulnerabilidad y los escenarios de afectación o pérdidas, el cual considera no solamente parámetros o indicadores estructurales, sino también algunos indicadores corporales que permiten un acercamiento mucho más acertado y real a la situación de emergencia de una comunidad.

El grado de afectación se define como el resultado del producto escalado del factor de amenaza y del factor de vulnerabilidad (Cardona: 2001); esto significa que la existencia de un escenario de afectación se debe a que los descriptores de la amenaza y de la vulnerabilidad son condicionantes y concomitantes entre sí.

A continuación se definen dichos descriptores y se relacionan sus indicadores y variables asociadas:

1.1. AMENAZA DEL CONTEXTO

Definida como una agregación de valores que expresan un nivel de peligrosidad en función de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un espacio y momento determinado.

1.2. VULNERABILIDAD DEL CONTEXTO

Definida como una suma de valores que expresan aspectos relacionados con la exposición y la fragilidad de un conjunto de elementos estructurales y corporales de un área o comunidad específica. Para su determinación se definen los siguientes componentes:

A) Exposición: definida como el volumen y concentración normalizada de viviendas y habitantes en contacto directo con un nivel determinado de amenaza. Dicha exposición está en función de dos componentes, a saber, la densidad estructural y la densidad corporal, entendidas como el número de viviendas y personas por el área de la unidad de análisis, en este caso el área de la manzana. Un número mayor de elementos significan un nivel de exposición mayor y por lo tanto un nivel de vulnerabilidad también mayor.

B) Fragilidad: definida como la debilidad intrínseca de los elementos expuestos, tanto estructurales como corporales, para absorber el impacto de una crisis; en términos generales es la falta de capacidad para responder en casos de emergencias. Para su determinación se definen los siguientes componentes:

- *Material de construcción:* hace referencia al tipo de material empleado para la edificación de las paredes y muros de las viviendas; se definen tres grandes grupos: rústico o

rudimentario, mampostería y concreto, la definición de cada uno de ellos se encuentra en el anexo 1.1.

- *Tipología de cubiertas*: hace referencia a los materiales empleados para elaborar los techos de las viviendas; se definen tres grupos: liviano, tejas de barro y loza, definidos en el anexo 1.1.
- *Estado de la vivienda*: hace referencia al estado físico en que se encuentran las paredes y columnas de las viviendas; de acuerdo al grado de deterioro que presentan, el estado puede ser bueno, regular o malo (especificados en el anexo 1.1).
- *Adopción de medidas de mitigación*: hace referencia al tipo de medidas artesanales o estructurales construidas con el objetivo de reducir el impacto causado por una inundación o una avenida torrencial tales como altillos, andenes de altura, etc.
- *Sexo del jefe de hogar*: hace alusión al género del que participa el jefe del hogar bien sea masculino ó femenino.
- *Edad del jefe de hogar*: hace alusión a la edad actual del jefe del hogar, la cual puede agruparse en edades menores a 18 años, 18 a 55 años y mayores a 55 años.
- *Escolaridad del jefe de hogar*: hace referencia al nivel educativo alcanzado por el jefe de hogar, de acuerdo con el último año cursado, que bien puede ser básico primaria, secundaria, técnico, universitario y más.
- *Dependencia infantil*: Este indicador establece la proporción que existe entre la población infantil con respecto a la población adulta sobre una base de 100 habitantes, es decir, el número de niños que hay en una unidad de análisis espacial por cada 100 adultos.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La base metodológica para el estudio de la vulnerabilidad y los escenarios de afectación se fundamenta en una visión integral del riesgo planteado como un problema complejo el cual requiere una solución desde una perspectiva holística. La vulnerabilidad ha sido definida en este proyecto como una condición intrínseca de una comunidad en términos del grado de exposición y del nivel de fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino; la exposición hace alusión al grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de peligrosidad dada, es decir la zona de contacto entre el elemento expuesto y la amenaza; por su parte, la fragilidad es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno. Para ello, metodológicamente se ha tomado como punto de partida una expresión lineal que ha sido ampliamente desarrollada y aplicada en otras regiones (Londoño, 2007; Barrenechea et al., 2000; Cardona, 2001), cuyas modificaciones en este estudio conducen a proponer la siguiente fórmula:

$$V = C_1(Exp_{(est)} + Frag_{(est)}) + C_2(Exp_{(corp)} + Frag_{(corp)})$$

Donde:

C_1 es el coeficiente de importancia para la vulnerabilidad estructural normalizada.

C_2 es el coeficiente de importancia para la vulnerabilidad corporal normalizada.

$Frag_{estr}$ y $Frag_{corp}$ representan la fragilidad de las estructuras y de la población respectivamente.

Exp_{est} y Exp_{corp} corresponden al grado de exposición para las estructuras y la población respectivamente.

La normalización de la vulnerabilidad, tanto para los elementos estructurales como para los elementos corporales, se hace necesaria para tener una dimensión proporcional de una con respecto a la otra, es así como, dentro de una escala de importancia relativa de 1 a 10 (ver Tabla 2.1), para C_1 se asume el valor de 7 mientras que para C_2 se asume el valor de 3, lo cual significa que la vulnerabilidad estructural es “muy fuertemente más importante”, mientras que la vulnerabilidad corporal es “moderadamente más importante”; por su parte, la combinación lineal de la exposición y la fragilidad para cada elemento, mediante un análisis multicriterio dentro de un panel de expertos como técnica útil para la asignación de factores de participación o de importancia relativa a través de comparaciones sucesivas entre variables, permite una aproximación integral y sistemática a la vulnerabilidad y el riesgo.

Tabla 2.1 Asignación de importancias relativas entre variables

<i>Juicio de importancia</i>	<i>Puntaje</i>
	10
<i>Extremadamente más importante</i>	9
	8
<i>Muy fuertemente más importante</i>	7
	6
<i>Fuertemente más importante</i>	5
	4
<i>Moderadamente más importante</i>	3
	2
<i>Igualmente más importante</i>	1

Utilizando esta tabla para la asignación de importancias o preferencias se puede asignar un puntaje de importancia por indicador teniendo como referencia qué tanto, de manera comparativa, cada indicador refleja el aspecto que se desea representar.

El método más riguroso para obtener los valores de exposición y fragilidad para cada uno de los elementos involucrados se realiza mediante la siguiente formulación:

$$\boxed{Exp_e = Dens_e \cap A} \quad ; \quad \boxed{Frag_e = \sum (var * par)}$$

Donde:

Exp_e: Representa la exposición del elemento en función de la densidad del mismo.

Dens_e: sobre la amenaza *A*; cabe mencionar que los escenarios de amenaza para evaluar la exposición corresponden a los casos más críticos que se presentan en cada municipio con el objetivo de cubrir la mayor área expuesta.

Frag_e Representa la fragilidad del elemento en función de la variable *var* multiplicado por el parámetro *par* que se esté evaluando.

Los parámetros, variables y pesos asociados a ellos para evaluar la exposición y la fragilidad estructural-corporal se obtuvieron a partir de un trabajo de campo en las zonas de interés, el cual se estructuró en un levantamiento predio a predio aplicando la encuesta de elementos expuestos (ver anexo 2.1); dichos parámetros y variables aparecen referenciados en las Tablas 2.2, 2.3 y 2.4.

Tabla 2.2 Ponderación de la Exposición

	Densidad Habitantes	Amenaza	Peso variable			Condición de exposición	Peso Expo Estr			Peso Expo Corpo		
			FRM	AT	I		FRM	AT	I	FRM	AT	I
Exposición	$V_{min} \leq Clase 1 \leq CN1$	Alta	6	6	6	alta	0,5	0,175	0,20	0,2	0,2	0,2
		Media	5	5	5	media						
		Baja	2	2	2	baja						
	$Corte 1 < Clase 2 \leq CN2$	Alta	7	7	7	alta						
		Media	6	6	6	media						
		Baja	3	3	3	baja						
	$Clase 3 > CN2$	Alta	8	8	8	alta						
		Media	7	7	7	media						
		Baja	4	4	4	baja						

V_{min}: Valor mínimo registrado; *CN*: Corte Natural (ver métodos de clasificación en el anexo 2.2)

Peso Expo Estr: peso de la exposición del elemento estructural para cada fenómeno

Peso Expo Corpo: peso de la exposición del elemento corporal para cada fenómeno

FRM: fenómeno de remoción en masa; *AT*: Avenida Torrencial; *I*: Inundaciones

Los criterios empleados por los expertos a la hora de asignar los pesos dentro de cada parámetro, tanto estructural como corporal, responden al nivel de importancia relativa que tienen unas variables con respecto a otras en términos de fragilidad; así, para las variables correspondientes al parámetro “material de construcción” se asignaron unos determinados pesos que indican que las viviendas cuyas paredes han sido levantadas con materiales rústicos, son más frágiles ante la acción provocada por cada uno de los distintos fenómenos naturales estudiados, en contraste con las viviendas cuyos materiales son de concreto, los cuales son mucho más resistentes a dicha acción. De igual forma sucede con las variables del parámetro “Cubierta” donde aquellas viviendas cuyos techos están contruidos de materiales livianos o entrepuestos son mucho más frágiles e incapaces de resistir la acción de cualquiera de los fenómenos tenidos en cuenta sin percibir ningún tipo de daño, contrario con lo que sucede en las viviendas cuyas cubiertas son mucho más firmes y resistentes, tipo losas de concreto, las cuales pueden resistir mucho más la acción dichos fenómenos naturales; por su parte, los pesos asignados a las variables del parámetro “Estado de Conservación” indican claramente que una vivienda que se encuentra en mal estado es mucho más frágil desde el punto de vista estructural, razón por la cual no tiene la capacidad suficiente de resistir el impacto que caracteriza un determinado fenómeno natural, en contraste con lo que ocurre con viviendas cuyo estado estructural es relativamente bueno, lo que le garantiza una mayor resistencia física ante un fenómeno potencialmente dañino.

Tabla 2.3 Ponderación de la Fragilidad Estructural

Parámetro	Tipo	Variable	Peso_var			Condición de vulnerabilidad	Peso_par		
			FRM	AT	I		FRM	AT	I
Material de construcción	I	Rústico	10	10	9	Alta para madera burda, desechos, zinc, cartón, esterilla, guadua			
	II	Mampostería	7	5	4	Moderada para adobe, ladrillo, piedra, roca pulida, cantos	0,25	0,35	0,35
	III	Concreto	5	2	1	Baja para armado, en masa, ordinario			
Cubierta	I	Liviana	10	10	0	Alta para materiales livianos y entrepuestos			
	II	Teja de barro	8	7	0	Moderada	0,1	0,05	0
	III	Loza	5	2	0	Baja para techos			
Estado de la vivienda	I	Mal estado	10	10	9	Alta para Avanzado estado de afectación de los elementos portantes, inclinación y agrietamiento			
	II	Regular estado	8	6	5	Moderada por ligero envejecimiento de los elementos portantes con leves fisuras	0,15	0,25	0,25
	III	Buen Estado	5	2	1	Baja para Los elementos portantes no presentan fisuras, ni agrietamiento			
Medida de mitigación	I	Tiene algún tipo de medida estructural	0	3	3	Baja para viviendas que han realizado algún tipo de medida estructural para evitar inundaciones			
	II	No tiene ninguna medida estructural	0	8	8	Alta para viviendas que no tienen ningún tipo de medida estructural para evitar inundaciones	0	0,175	0,20

Peso_var: Peso de la variables; peso_par: peso del parámetro

De igual forma, y bajo los mismos criterios se asignaron pesos de importancia relativa a las variables correspondientes a cada parámetro corporal; así, para las variables correspondientes al parámetro "*Sexo del jefe de hogar*" se asignaron unos determinados pesos que indican que las mujeres jefes de hogares monoparentales son mucho más frágiles en términos socioeconómicos puesto que ante situaciones de emergencia les cuesta un poco más de trabajo desplazarse con sus hijos o personas a cargo y huir fácilmente del peligro; por lo general son hogares donde se dan los casos de viudez o separaciones. En términos de fuerza física, un hombre puede resistir mucho más el impacto de un fenómeno natural (bien sea inundaciones, deslizamientos o avenidas torrenciales) que una mujer. En cuanto a al parámetro "*Edad del jefe de hogar*" los pesos de las variables indican que un joven menor de edad cabeza de hogar es mucho más frágil o vulnerable que un adulto, puesto que no tiene ni la solidez económica ni la experiencia necesaria para afrontar situaciones de emergencia en las cuales deba tomar decisiones determinantes para resguardar su vida y la de los suyos. En cuanto al parámetro "*Dependencia infantil*" los pesos altos sugieren que hogares cuyos índices de dependencia se encuentran por encima de 75 son muchos más vulnerables o mucho más frágiles debido a la "carga" social y económica que ello representa para un adulto a cargo; en otras palabras, es mucho más difícil resguardar y proteger la vida de 3 niños o más que la de 1 o dos niños durante situaciones de emergencia.

Por último, los pesos asignados a las variables del parámetro "*escolaridad del jefe de hogar*" sugieren que los más altos corresponden a hogares cuyos jefes no han alcanzado los niveles educativos básicos necesarios que le garanticen una fácil comprensión y entendimiento de las distintas situaciones de emergencia que puedan presentarse para, de esta forma, lograr una buena respuesta ante las mismas.

Tabla 2.4 Ponderación de la Fragilidad Corporal

Parámetro	Tipo	Variable	Peso_var	Descripción	Peso_par
Sexo del jefe de hogar	I	Mujer	10	Se propone una mayor vulnerabilidad cuando el jefe es mujer	0,2
	II	Hombre	8	Se propone una menor vulnerabilidad cuando el jefe es hombre	
Edad del jefe de hogar	I	< 18 años	10	Se Propone alta vulnerabilidad cuando el jefe es menor de edad	0,2
	II	18-55 años	6	se propone baja vulnerabilidad cuando el jefe es adulto	
	III	> 55 años	8	Se propone moderada vulnerabilidad cuando el jefe es adulto mayor de 55 años	
Dependencia infantil	I	[Vmin-25]	2	Se propone baja vulnerabilidad cuando la razón es de 25 o menos niños por cada 100 adultos	0,2
	II	(25-75]	6	Se propone moderada vulnerabilidad cuando está entre 25 y 75 niños por cada 100 adultos	
	III	(75-Vmax]	8	Se propone alta vulnerabilidad cuando la razón está por encima de los 75 niños por cada 100 adultos	
Escolaridad del jefe de hogar	I	Técnico-Universitario	4	Se propone baja vulnerabilidad para jefes técnicos-universitarios y mas	0,2
	II	Bachiller	8	Se propone vulnerabilidad moderada para jefes de hogar que han terminado el bachillerato	
	III	Primaria	10	Se Propone Vulnerabilidad alta para jefes con nivel de educación primaria y menos	

Una vez obtenida la vulnerabilidad, se adopta una escala numérica que indica los grados de vulnerabilidad, lo cual nos permitirá realizar la clasificación de la misma, de la siguiente manera (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Escala numérica-Grados de Vulnerabilidad

Grado de vulnerabilidad	Rango	Descripción
Baja (I)	[0-30]	Elementos que presentan un nivel de exposición relativamente bajo ante un determinado fenómeno, con una condición de fragilidad baja caracterizada por una tipología estructural resistente y en buen estado y una población socioeconómicamente capaz de recuperarse ante un cambio drástico en su medio
Media (II)	(30-60]	Elementos que presentan un nivel de exposición moderado ante la amenaza, con unos niveles de fragilidad intermedio caracterizados por elementos estructurales cuyo estado físico y resistencia son aceptables y una población con limitaciones desde el punto de vista socioeconómico para responder y adaptarse a los cambios generados por un evento
Alta (III)	(60-100]	Elementos que presentan un nivel de exposición elevado ante una amenaza y condiciones de fragilidad elevadas caracterizadas por elementos estructurales poco dúctiles, sistemas constructivos inadecuados y estado de deterioro avanzado y una población incapaz de sobreponerse por sí mismos a los efectos provocados por un fenómeno

Posteriormente, se procede a la determinación de los niveles y modos de afectación; esta labor permite evaluar los modos de daño o grados de afectación esperados para los elementos expuestos según el nivel o grado de amenaza dado. Se proponen tres opciones (ver Tablas 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9).

Tabla 2.6 Índices de afectación

		Grado de vulnerabilidad			Modo de daño ó Afectación
		I	II	III	
Grado de Amenaza	I	I	I	II	
	II	I	II	III	
	III	II	III	III	

Tabla 2.7 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Remoción en Masa

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
HABITANTES	I	Heridas leves sin secuelas
	II	Heridas importantes (fracturas, invalidez)
	III	Fallecimiento en el sitio
CONSTRUCCIONES (viviendas)	I	Daños ligeros no estructurales (estabilidad no afectada)
	II	Daños importantes Fisura y agrietamiento
	III	Daños graves, destrucción parcial y/o total de las estructuras

Tabla 2.8 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
HABITANTES	I	No se presentarían daños directos sobre las personas
	II	Pérdida de la vida en la población infantil
	III	Personas atrapadas, pérdida de la vida y desapariciones
CONSTRUCCIONES (viviendas)	I	Humedad en las paredes de las viviendas
	II	Descascaramiento en los muros de las viviendas
	III	Desestabilidad de viviendas por erosión del suelo, y daños importantes en viviendas de tipo rudimentario y mampostería en estado regular-malo

Tabla 2.9 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Avenidas Torrenciales

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
HABITANTES	I	Daños directos sobre la población infantil y senil
	II	Personas atrapadas y arrastradas
	III	Fallecimiento en el sitio
CONSTRUCCIONES (viviendas)	I	Daños estructurales en viviendas frágiles
	II	Daños directos sobre viviendas tipo mampostería y rústico
	III	Daños estructurales y en cubiertas en todas las viviendas

El siguiente paso es la modelación de escenarios de afectación, cuantificación de daños y pérdidas potenciales. Esta etapa recoge la información necesaria para modelar los escenarios de afectación y cuantificar los daños y pérdidas esperadas para un fenómeno ya caracterizado. Debido a la complejidad de los fenómenos de remoción en masa que se presentan en el municipio de El Cairo, y la dinámica que presentan los elementos corporales expuestos en función del espacio-tiempo, existe una variedad de posibilidades de manifestación del daño. En este sentido se adopta la propuesta de complementar el análisis mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que permite un acercamiento al daño específico en función del número y porcentaje de personas damnificadas y viviendas afectadas. Para generar dicho modelo se efectúa el cruce de información correspondiente al

modo de daño con la densidad de personas en la vivienda por escenario (diurno y nocturno), tal como se muestra en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario

		DENSIDAD DE POBLACIÓN/ESCENARIO		
		ALTA	MEDIA	BAJA
MODO DE DAÑO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
	MEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO
	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO
ESCENARIO DE AFECTACIÓN				

**3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

3.1 GENERALIDADES

El municipio de El Cairo se encuentra localizado en la Cordillera Occidental, al NW del departamento del Valle del Cauca y hace parte del ecosistema de la serranía de los Paraguas. En la Foto 3.1 se presenta una panorámica del municipio tomada desde el sector cercano al acueducto, ubicado al norte de la cabecera municipal.

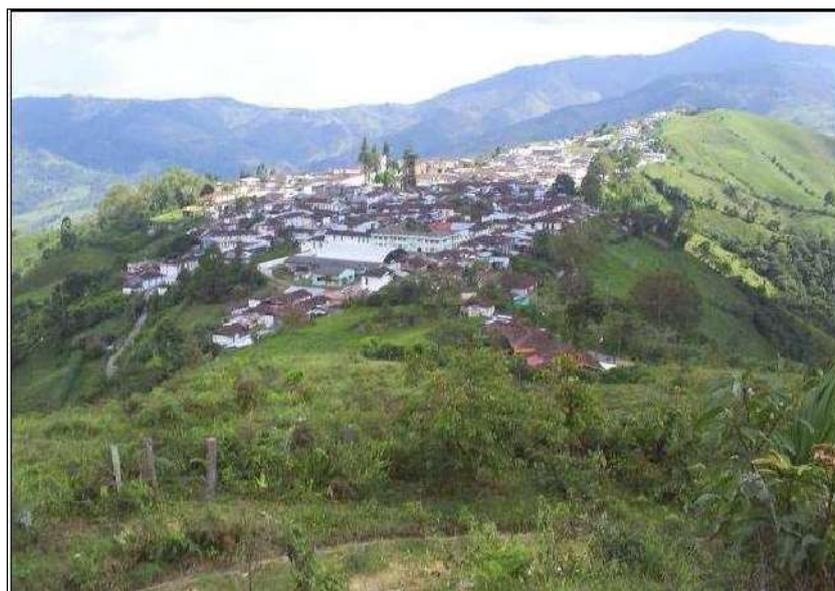


Figura 3.1 Panorámica de la cabecera municipal de El Cairo.

Tal como se aprecia en la Figura 3.2, el municipio de El Cairo limita al norte con el municipio de El Águila, al occidente con el departamento del Choco, al sur con el municipio de Argelia y al oriente con el municipio de Ansermanuevo. A la fecha posee una población aproximada de 8763 habitantes en un área de 283 kms², repartidos en población urbana: 2.912 (31% del total del municipio) y población rural: 6.444 habitantes (69%). Como dato adicional, el municipio se encuentra a una altura de 1850 msnm, con temperatura promedio de 18° C.

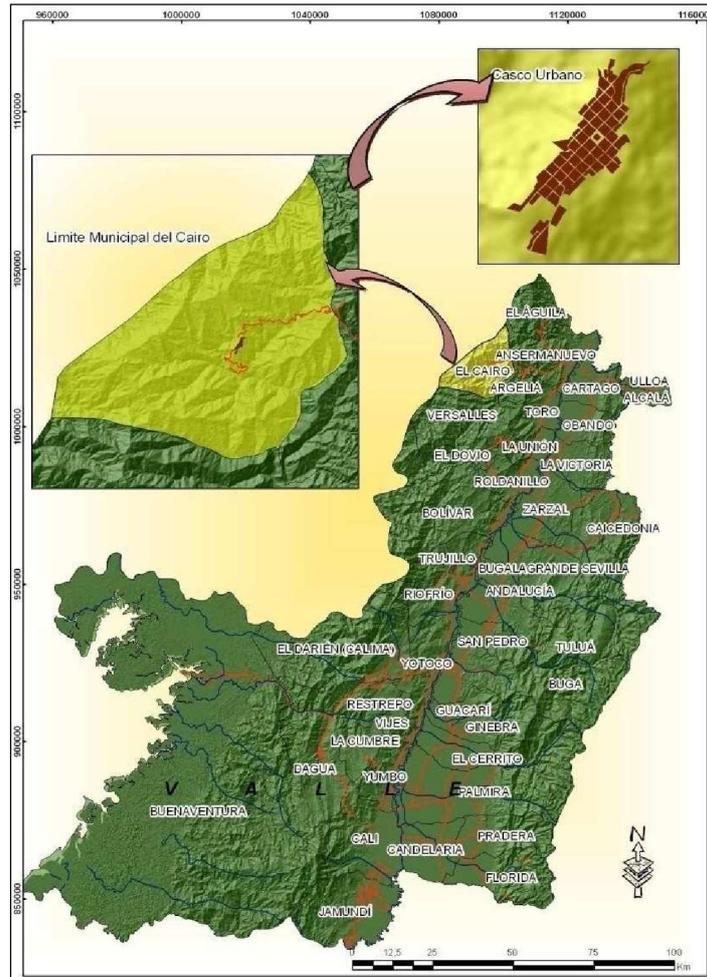


Figura 3.2 Localización general de la cabecera municipal de El Cairo.

3.2 ESCENARIO DE AMENAZA CRÍTICO PARA EL MUNICIPIO DE EL CAIRO

La evaluación del nivel de daño o afectación de la cabecera del municipio de El Cairo requiere de la valoración previa del nivel de peligrosidad del fenómeno, es decir, la identificación de distintas zonas de amenaza por procesos de remoción en masa y la evaluación de los distintos niveles de vulnerabilidad inherentes a los elementos en exposición.

De acuerdo con estudios previos realizados en el marco del proyecto MIDAS, del cual hace parte este análisis de vulnerabilidad y afectación, en materia de amenaza, en la cabecera municipal de El Cairo se presentan tres escenarios distintos de peligrosidad, a saber: el primero se genera cuando el agente disparador del fenómeno es la lluvia; el segundo escenario en el cual el agente disparador es el sismo y el tercer escenario de peligrosidad en el cual actúan simultáneamente la lluvia y el sismo como agentes detonantes. Tal como se

menciono en la descripción metodológica, y para efectos de la evaluación de la vulnerabilidad y afectación, se optó por el tercer escenario para ser utilizado como insumo principal, debido a la naturaleza crítica del mismo.

Dicho escenario se caracteriza por presentar niveles de susceptibilidad moderada y alta a lo largo y ancho del casco urbano del municipio de El Cairo, en donde la saturación y la desestabilización del suelo desencadenarían un deslizamiento cuya capacidad para ocasionar daños sería mucho mayor que la capacidad de las personas para resistirlos.

La figura 3.3 representa la zonificación de la amenaza por procesos de Remoción en masa para el escenario más crítico; en términos generales, éste escenario asume que la amenaza se configura como tal cuando la ocurrencia de un sismo característico con aceleración máxima de 0,20g (intensidad VII en la escala EMS-98) durante un periodo de lluvias fuertes y prolongadas, el cual tiene como consecuencia la falla de la totalidad de las laderas que bordean el área periurbana¹, afectando un sector importante del mismo, incluyendo la zona de expansión. De esta manera, las zonas de ladera y aledañas a ellas de la cabecera del municipio son las que presentan un alto nivel de amenaza, incluyendo la zona de expansión, mientras que el sector centro del municipio presenta niveles de amenaza relativamente bajos a moderados.

¹ Área de transición entre el espacio urbano y el espacio rural, localizada dentro de los límites del perímetro urbano, con una presencia difusa de funciones urbanas y con una ausencia de una estructura urbana clara. Son espacios donde coexisten características y funciones tanto urbanas como rurales.

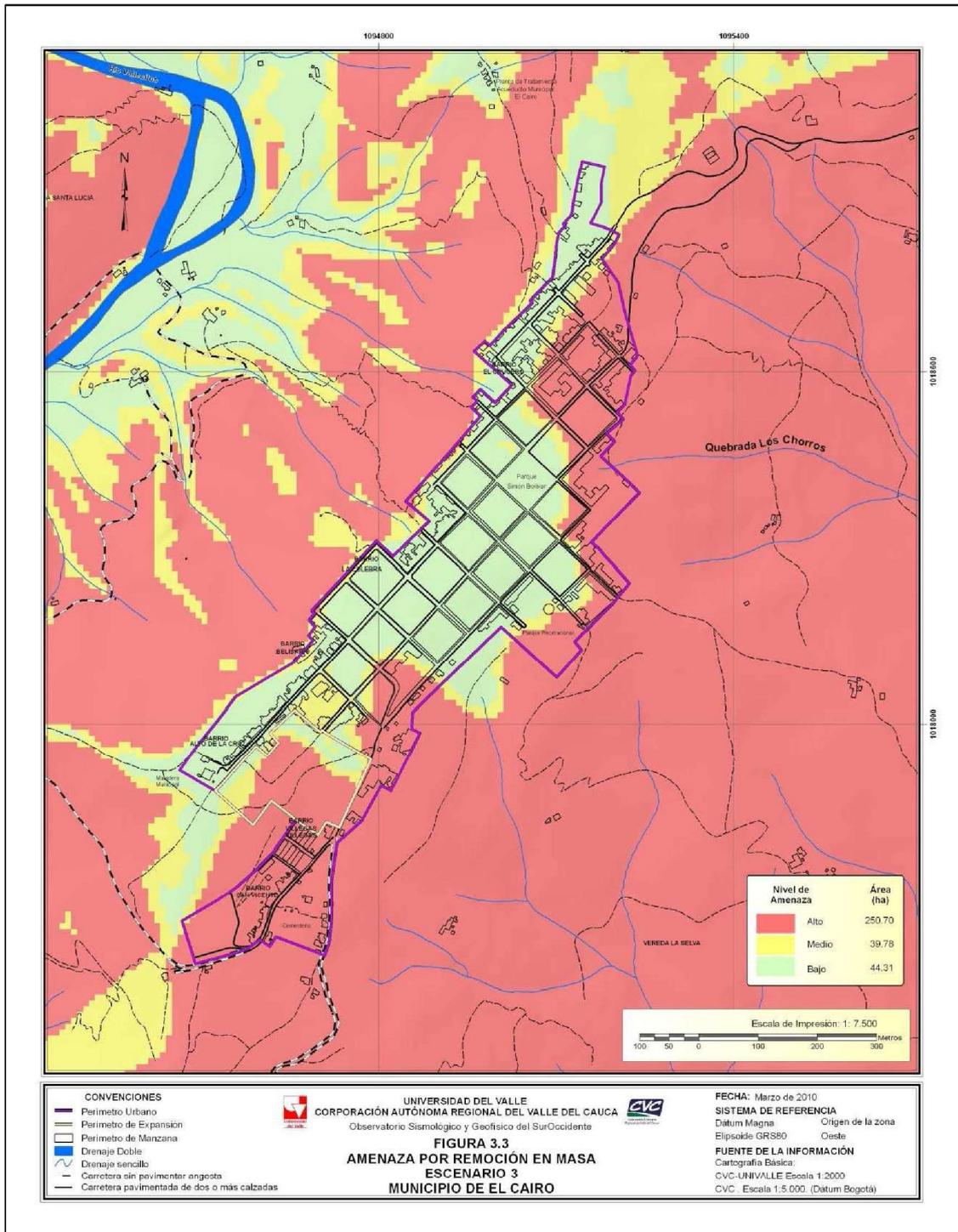


Figura 3.3 Zonificación de la amenaza.

El mapa de amenaza representa para los estudios de vulnerabilidad y afectación uno de los insumos principales a partir de los cuales se puede determinar qué área y qué elementos se encuentran expuestos ante los distintos niveles de peligrosidad dados; de igual manera, permite estimar los efectos o daños esperados sobre cada uno de los elementos involucrados en el análisis.

3.3 IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

Conceptualmente se ha planteado la estimación del riesgo o la valoración de escenarios de afectación implica necesariamente la incorporación y evaluación de los distintos elementos expuestos ante un determinado fenómeno; por tal motivo, es importante realizar un inventario que facilite la localización espacial y la caracterización de dichos elementos, como base para la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo. De acuerdo con los alcances del proyecto, los elementos expuestos a tomar en cuenta, se clasifican en dos categorías: por una parte, los corporales, es decir el grupo de personas que habitan o realizan actividades cotidianas dentro del municipio y, por otra parte, los estructurales, correspondientes principalmente a las viviendas; sin embargo se hace una breve mención del grado de exposición de otros elementos estructurales de tipo institucional-dotacional tales como hospitales, escuelas, y otras edificaciones esenciales.

La información sobre los elementos citados se obtuvo de diferentes fuentes, entre ellas la oficina de Catastro Municipal y SISBEN-2009; dicha información fue complementada con un trabajo de campo planificado, a partir del cual se recopiló la información necesaria para caracterizar y localizar los distintos elementos expuestos.

Entre otras actividades, el trabajo de campo contempló la inspección ocular de las viviendas identificando su estructura física y estado de conservación; además se realizó una entrevista con un informante idóneo por cada vivienda, capaz de suministrar la información pertinente (ver anexo 3.1).

Presentar la información con un nivel de detalle predial (vivienda por vivienda) puede no ser muy práctico en términos de planificación, razón por la cual la localización y caracterización de las distintas variables relativas a los elementos expuestos son globalizadas a nivel de manzana, y estructurados dentro de un motor de gestión de datos como ACCESS; es así como el paso de la información predial a manzanal se realizó mediante el uso de algunos parámetros estadísticos, tal como se muestra en la Tabla 3.1):

Tabla 3.1 Representación estadística de la información a nivel de manzana

Elementos corporales	
Variable	Estadístico a nivel de manzana
Densidad poblacional	Número de habitantes por área de manzana
Edades del jefe del hogar	Moda
Sexo del jefe del hogar	Moda
Escolaridad del jefe del hogar	Moda
Dependencia infantil-senil	(Niños+ancianos/adultos)*100
Elementos Estructurales	
Variable	Estadístico a nivel de manzana
Densidad de viviendas	Número de viviendas por área de manzana
Tipología constructiva	Moda
Estado de conservación	Moda
Tipología de cubiertas	Moda
Número de pisos	Moda

La selección de las variables que caracterizan los elementos tanto estructurales como corporales se realizó en función del fenómeno estudiado, puesto que una variable puede ser relevante cuando se está evaluando la afectación frente a fenómenos de remoción en masa, como puede ser totalmente inofensiva frente a inundaciones ó avenidas torrenciales.

3.3.1 Elementos corporales

A) Densidad Poblacional

De acuerdo con los datos obtenidos de las distintas fuentes de información se pudo representar la población en función del área ocupada por cada manzana. La Figura 3.4 representa las áreas con mayor densidad de población. Como es de esperarse, la mayor concentración de habitantes por manzana se presenta en el centro de la cabecera del municipio, debido entre otras cosas por la centralización de las principales actividades de servicio público; en este sector se localizan servicios tales como la prestación de salud, educación, jurídico y religioso, los cuales le otorgan la característica de ser un sector de alta densidad de población flotante la cual desarrolla algún tipo de actividad durante el día.

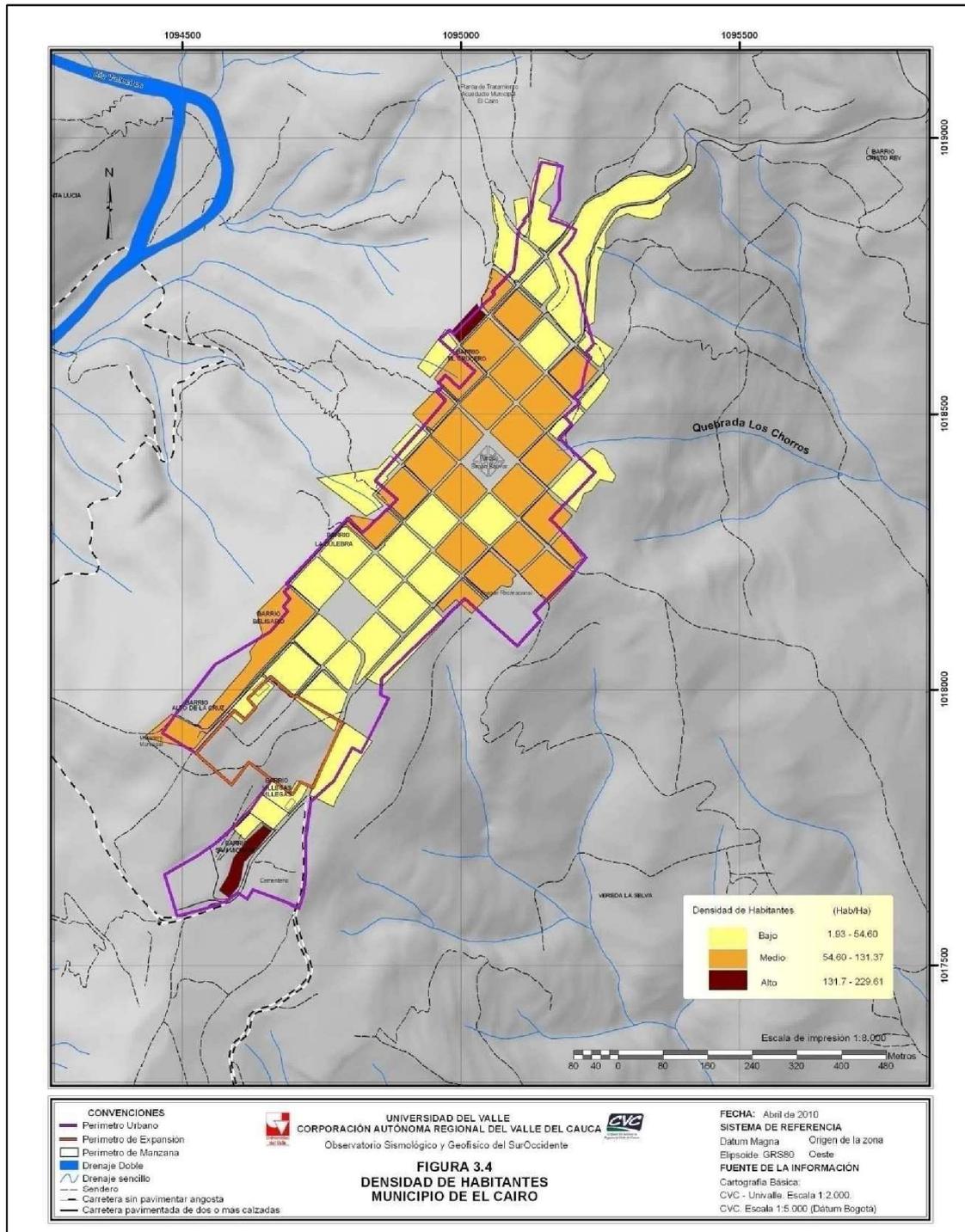


Figura 3.4 Densidad de Habitantes en el municipio de El Cairo.

B) Edad del jefe del hogar

Este indicador social permite identificar el rango de edades correspondientes a los jefes cabeza de hogar. Éste indicador, en relación con la vulnerabilidad y el riesgo, permite inferir que en los hogares jefaturados por jóvenes menores de edad los niveles tienden a ser altos, en los hogares con jefes adultos, los niveles son relativamente bajos, mientras que en los hogares cuyos jefes de hogar son adultos mayores (55 años y más) los niveles de fragilidad tienden a aumentar. Ahora bien, esta situación adquiere mayor sentido cuando la edad del jefe del hogar se considera como una variable proxy² del ciclo de vida familiar, por lo cual podríamos interpretar que la fragilidad social tiende a aumentar para los hogares en dos etapas de su ciclo vital: cuando está formándose el núcleo familiar y en su etapa final. En el caso específico del municipio de El Cairo donde se presenta un progresivo decrecimiento y envejecimiento poblacional, la distribución de las edades se comporta de manera asimétrica (ver Figura 3.5) concentrando la mayor población dentro de un rango de edades que van de 45 a 60 años, es decir hogares en las postrimerías del ciclo de vida familiar, en los que los hijos ya han salido del núcleo paterno para conformar su propio hogar o buscando nuevas oportunidades en otros municipios aledaños.

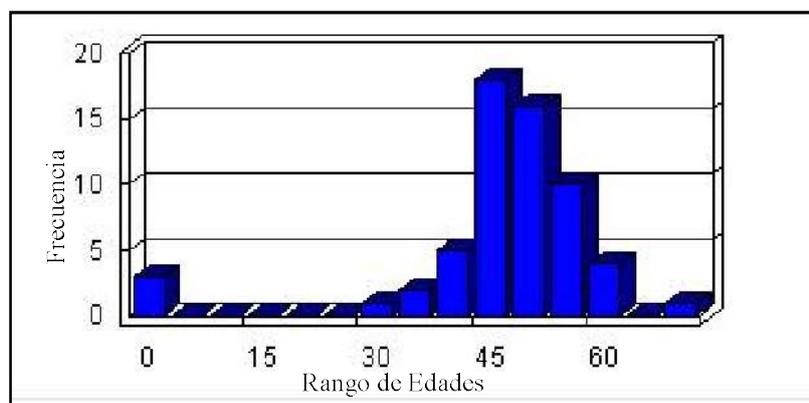


Figura 3.5 Distribución de frecuencia de edades del jefe de hogar.

² Una variable **proxy** de por sí no tiene gran interés, pero de la cual se pueden obtener otras de mucho interés. Para que esto sea posible, la variable proxy debe poseer una fuerte correlación, pero no necesariamente lineal o positiva, con el valor inferido.

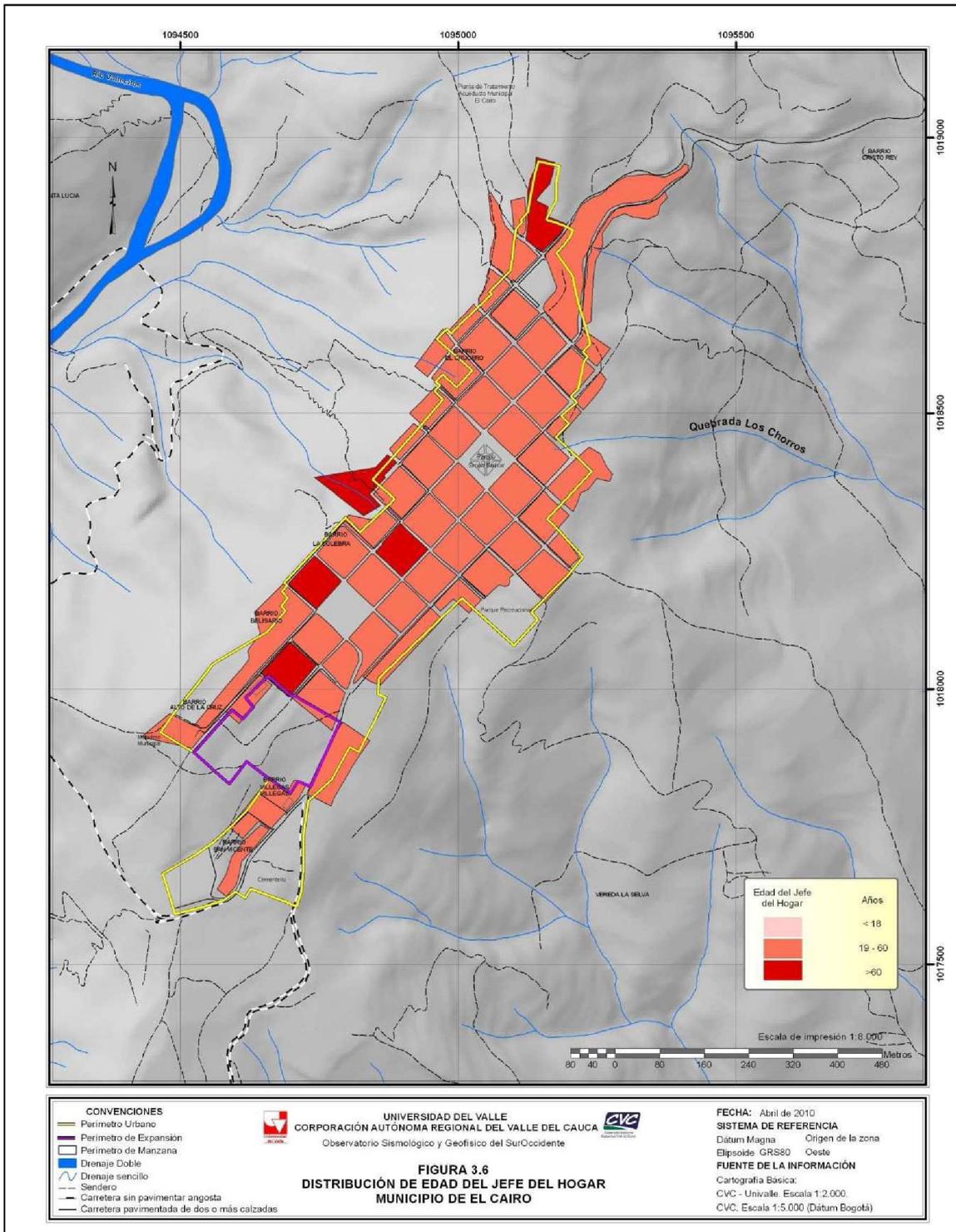


Figura 3.6 Distribución espacial de la edad del jefe de hogar.

La Figura 3.6 representa la distribución espacial de los rangos de edades de los jefes de hogar a nivel de manzana. Se puede apreciar que cerca del 80% de los hogares presentan una jefatura adulta que va de los 19 hasta los 60 años, mientras que el 20% de las viviendas se caracterizan por tener jefes de hogar con edades de 60 años en adelante.

C) Sexo del Jefe del Hogar.

Con relación a la condición de género del jefe de hogar se tiene que, mientras en los hogares con jefatura masculina hay niveles de fragilidad relativamente menores, en los hogares con jefatura femenina la fragilidad tiende a aumentar considerablemente. Esto indicaría, de acuerdo con los modelos propuestos, una mayor prevalencia de la vulnerabilidad en los hogares jefaturados por una mujer. Algunas de las razones del por qué la mujer se ha transformado en un grupo vulnerable son el hecho de que la mujer con una familia o un hogar a cargo se ve mucho más limitada en cuanto a su movilidad, puesto que ante eventos extremos le cuesta un poco más de trabajo desplazarse y huir fácilmente del peligro; igualmente las condiciones de desventaja que presenta la mujer en términos de fuerza física determinan en gran medida la posibilidad de salvar su vida dada una situación de emergencia; en términos de gestión del riesgo, los programas de atención y prevención de desastres deben tener claridad sobre cuáles grupos se debe actuar y apoyar de manera prioritaria, es el caso del grupo social de las mujeres cabezas de hogar el cual debe darse mayor importancia dentro de dichos programas. En el municipio de El Cairo la distribución de la jefatura según el género no refleja un patrón espacial regular (ver Figura 3.7), cerca del 70% de las familias tienen una condición de jefatura masculina mientras que el restante 30% posee una jefatura femenina en hogares monoparentales donde se hace más probable la viudez o la separación. Éste indicador adquiere mucha más relevancia si se asocia a con otros indicadores como educación y dependencia infantil.

D) Escolaridad del jefe del Hogar

El analfabetismo o la escasa escolaridad es uno de los rasgos característicos de los colectivos sociales más vulnerables, cuyas posibilidades de acceso al sistema escolar o su permanencia, son inciertas. Esta grave carencia del *saber social* influye negativamente en la educación escolarizada de sus hijos, lo cual añade una desventaja más a sus posibilidades reales de educación. Desarrollar una determinada habilidad durante la niñez puede determinar en gran parte la organización funcional de un cerebro adulto, por lo menos así lo demuestran numerosos estudios realizados con personas ilustradas y personas analfabetas (Briceño: 2000). De acuerdo con los datos obtenidos, el municipio de El Cairo se caracteriza, entre otras cosas, por el hecho que la mayoría de los jefes de hogar solo han alcanzado niveles de escolaridad básica primaria y secundaria, tal como se puede apreciar en la Figura 3.8.

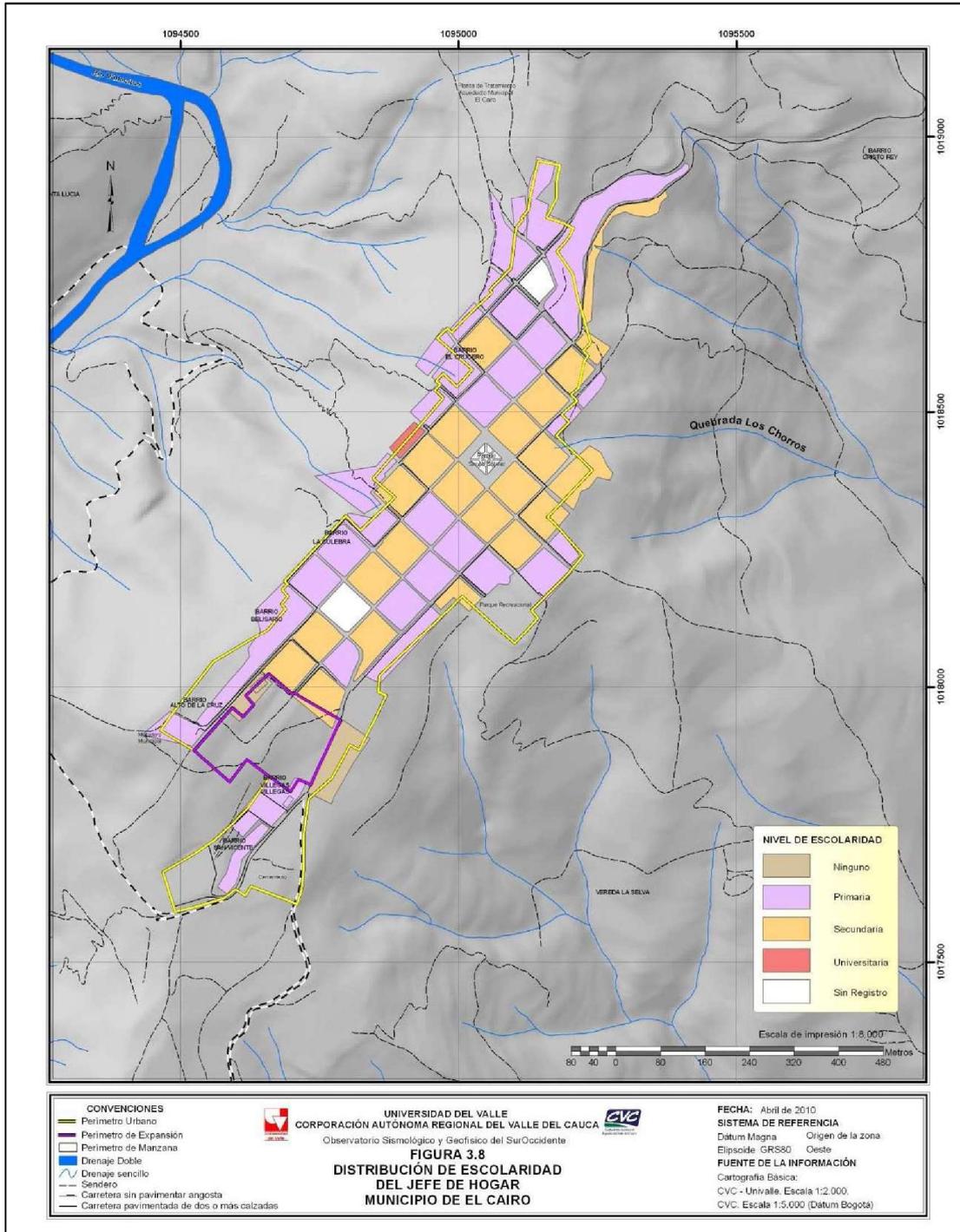


Figura 3.8 Distribución espacial de la escolaridad alcanzada por el jefe del hogar.

E) Dependencia Infantil

Este indicador establece la relación entre la población infantil con respecto a la población adulta; el índice total señala qué cantidad de niños y jóvenes menores de 18 años están a cargo de una persona adulta. Este indicador muestra la “carga” sobre la disponibilidad de adultos y su relevancia en el diagnóstico de la vulnerabilidad; tiene que ver con que se trata de un valor de relación entre estos dos grupos de edad. En este caso niveles de dependencia infantil elevados son indicativos de niveles de vulnerabilidad igualmente elevados. En términos operativos, desde el punto de vista de la gestión del riesgo en sus diferentes etapas (prevención, respuesta, recuperación, reparación, etc.), estimar cuántas personas están a cargo de otras en la toma de decisiones, resulta ser un dato de gran utilidad al momento de plantear programas de emergencia.

La Figura 3.9 refleja la distribución de los datos de dependencia infantil obtenidos por manzana, cuyo comportamiento representa una distribución normal, donde la mayor frecuencia de datos se encuentra en el rango entre 21 y 63 niños por cada 100 adultos, lo cual sugiere niveles de fragilidad relativamente moderados.

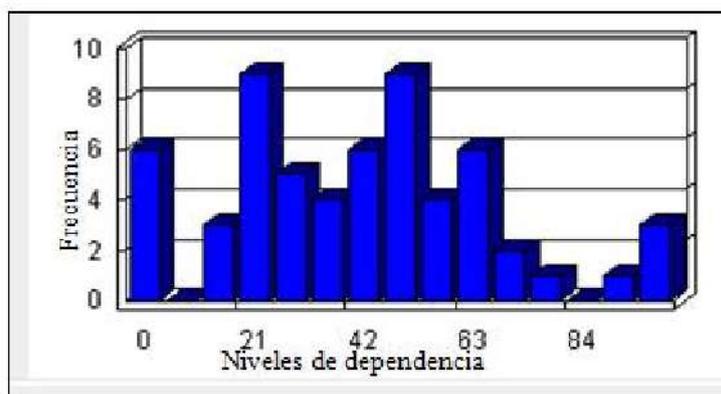


Figura 3.9 Distribución de frecuencia de dependencia infantil.

La discriminación por dependencia infantil para el municipio de El Cairo (ver Figura 3.10) se realizó de acuerdo con los datos obtenidos en tres clasificaciones, a saber: valores de dependencia infantil menores ó iguales a 25, valores mayores de 25 y menores o iguales a 75 y valores mayores de 75. Dicha discriminación supone un rasgo de heterogeneidad poblacional respecto a la fragilidad o debilidad potencial de cada uno de ellos para afrontar las situaciones de peligro. Se supone que un adulto combina dos aspectos necesarios para afrontar tales situaciones: la energía física y la experiencia que le otorga una mayor capacidad para tomar decisiones; el grupo poblacional transitorio de niños y jóvenes supone de antemano la carencia de éstas aptitudes.

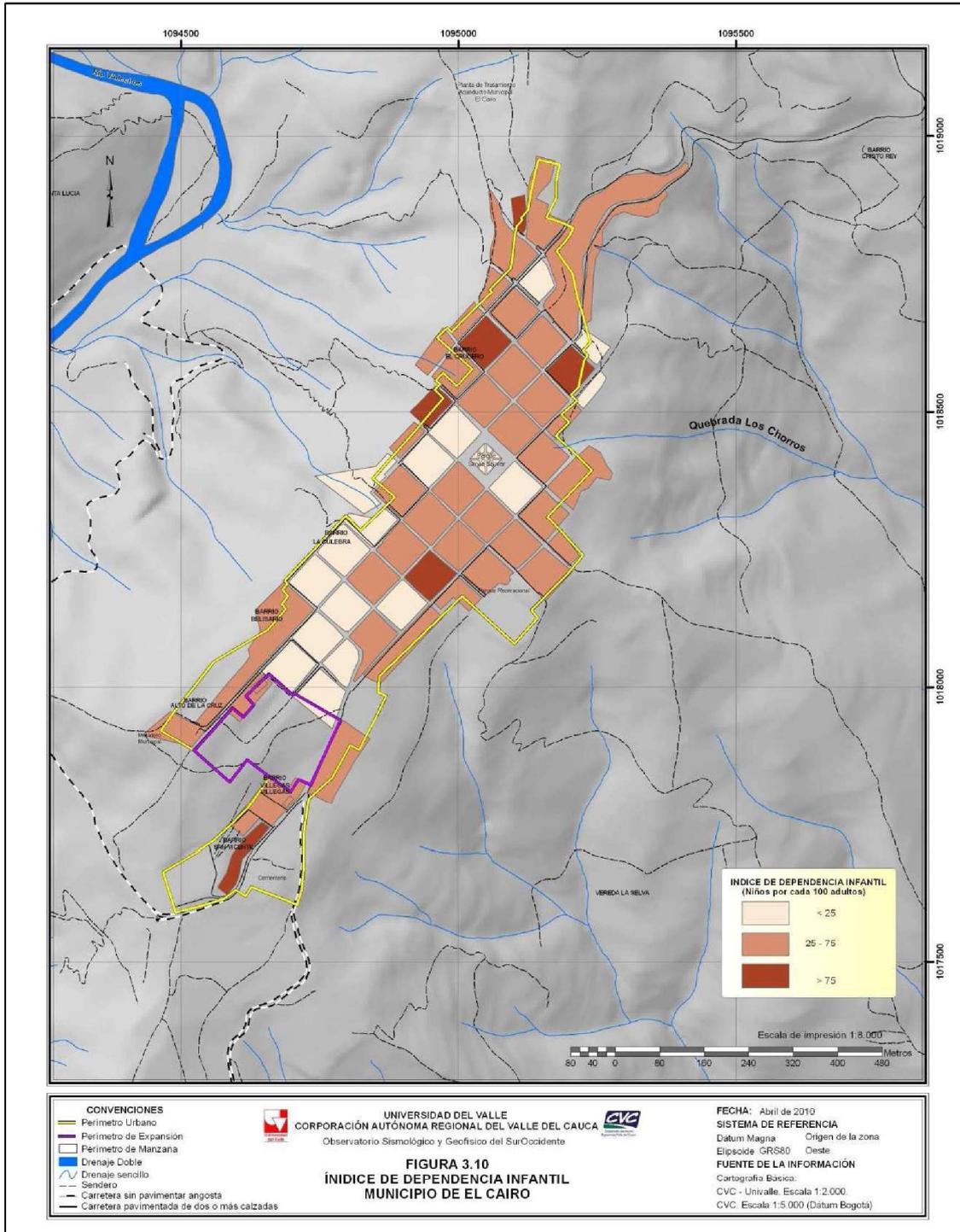


Figura 3.10 Distribución espacial del indicador de dependencia infantil.

3.3.2. Elementos estructurales

A) Densidad de viviendas

Este indicador se obtuvo en la etapa de recolección y levantamiento de información predial, necesaria para determinar los niveles de exposición estructural. La densidad se obtuvo a partir de un conteo del número de viviendas que existen en una manzana dividido por el área (ha) construida en la misma; de ésta forma la Figura 3.11 indica la densidad relativa de viviendas por hectárea representada a nivel geográfico por manzana. La distribución espacial refleja una mayor concentración de viviendas en el centro y sur del municipio de El Cairo.

B) Tipología estructural

Los fenómenos de remoción en masa ocasionan daños masivos en las viviendas; particularmente, las viviendas del municipio de El Cairo pueden sufrir daños graves al desestabilizarse el suelo sobre el cual se emplazan dependiendo del material empleado para la edificación de las mismas.

La figura 3.12, refleja la distribución porcentual de los materiales utilizados para la edificación de la vivienda, en ella se puede apreciar la preferencia de materiales tradicionales y de colocación manual (es decir mampostería), con respecto a otro tipo de estructuras.

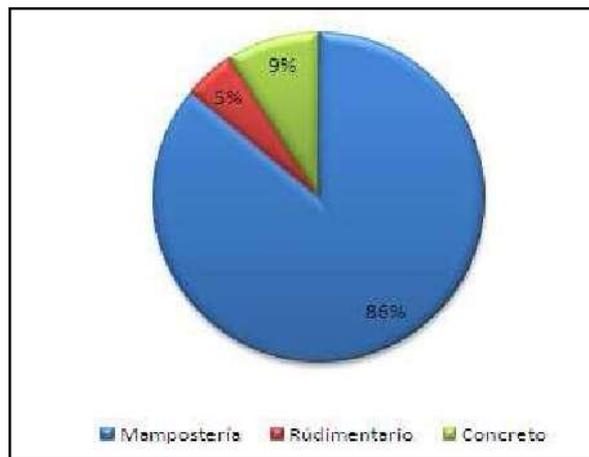


Figura 3.12 Distribución porcentual del tipo estructural de las viviendas.

Los datos obtenidos en campo reflejan una predominancia de viviendas construidas en mampostería (ver Figura 3.13), principalmente adobe y bahareque, con algunas excepciones donde el sistema estructural es aporticado, es decir, elementos en concreto reforzado y muros en mampostería, tal es el caso del edificio de los bomberos, la alcaldía municipal, el hospital, la iglesia y el hotel principal.

El tipo de material de las viviendas determina en gran medida el daño esperado en las mismas; así pues, una vivienda cuyas paredes han sido levantadas con materiales rudimentarios son mucho más frágiles con respecto a una vivienda donde predominan materiales mucho más firmes y resistentes como el cemento o concreto.

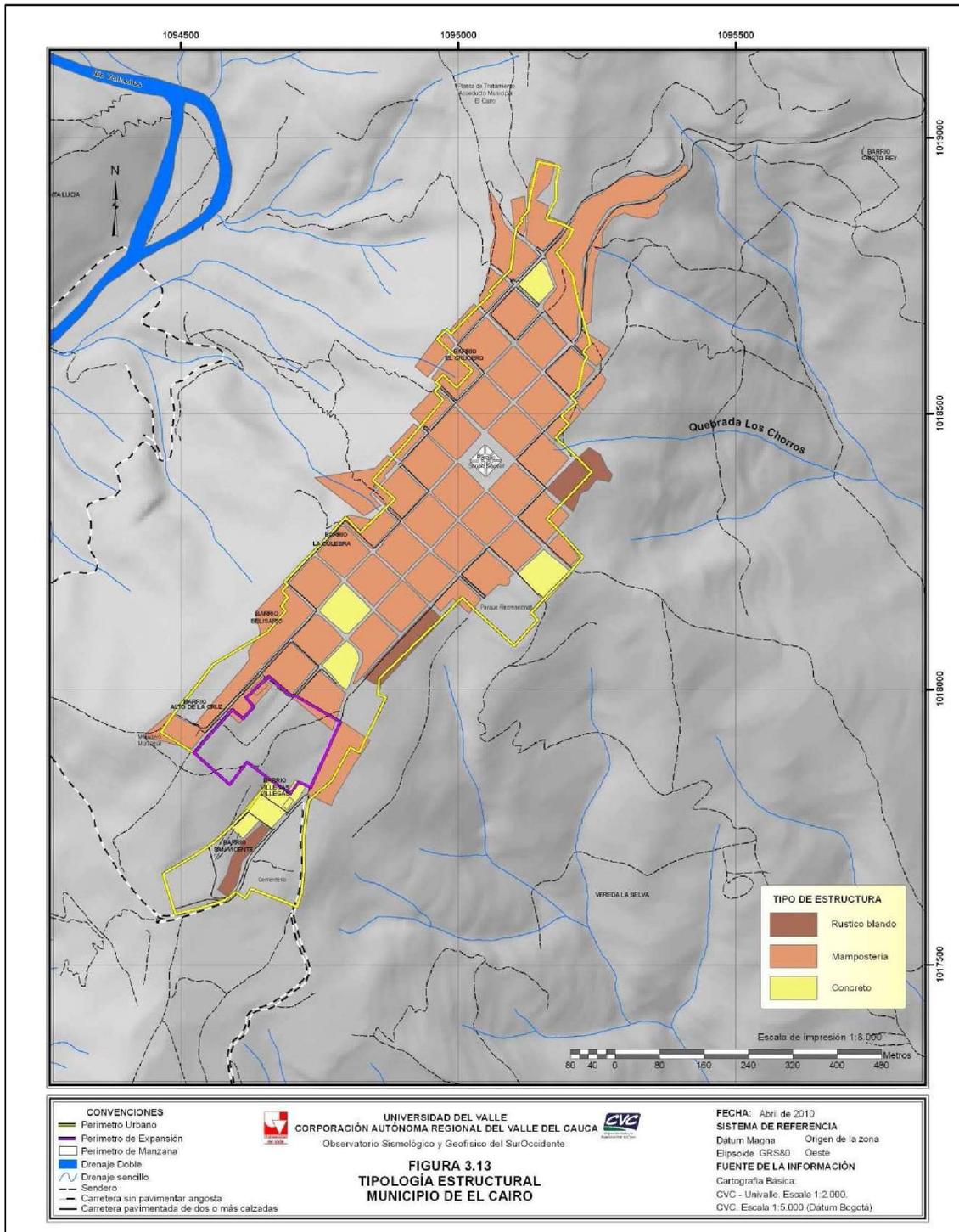


Figura 3.13 Distribución espacial del tipo de construcciones.

C) Tipología de las cubiertas

Dentro de la vulnerabilidad estructural, éste parámetro señala la importancia que tiene el tipo de material con el cual están contruidos los techos de las viviendas, puesto que en determinadas circunstancias la cubierta deberá soportar cualquier efecto provocado por un fenómenos de remoción en masa. Materiales blandos o livianos empleados para la cubierta significa niveles de fragilidad superlativos, mientras que viviendas cuyas cubiertas están hechas de materiales más resistentes como tejas de barro que han sido amarradas sobre el artesonado³ para garantizar mayor firmeza ó losas de cemento indican niveles relativamente bajos de fragilidad.

De acuerdo con la figura 3.14 cerca del 83% de las cubiertas corresponden a tejas de barro, mientras que el 16% de ellas están hechas de materiales livianos, especialmente láminas de zinc y el 1% restante corresponden a losas de concreto.

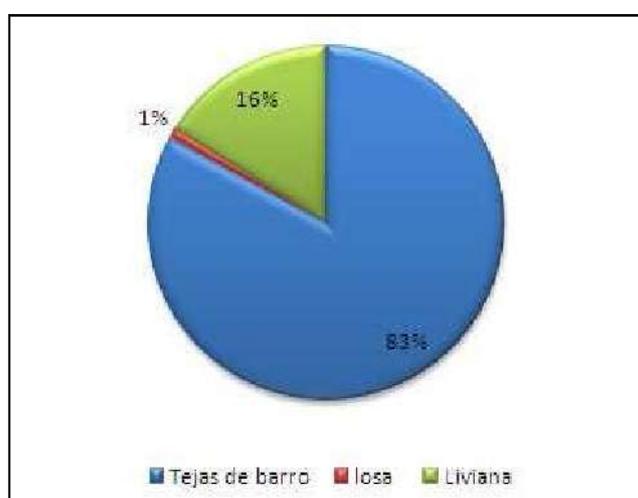


Figura 3.14 Distribución porcentual del tipo de cubierta de las viviendas.

³ Estructura hecha de maderas o vigas situadas sobre las paredes o muros de una vivienda cuyos espacios son cubiertos por tejas de barro, láminas, zinc, etc.

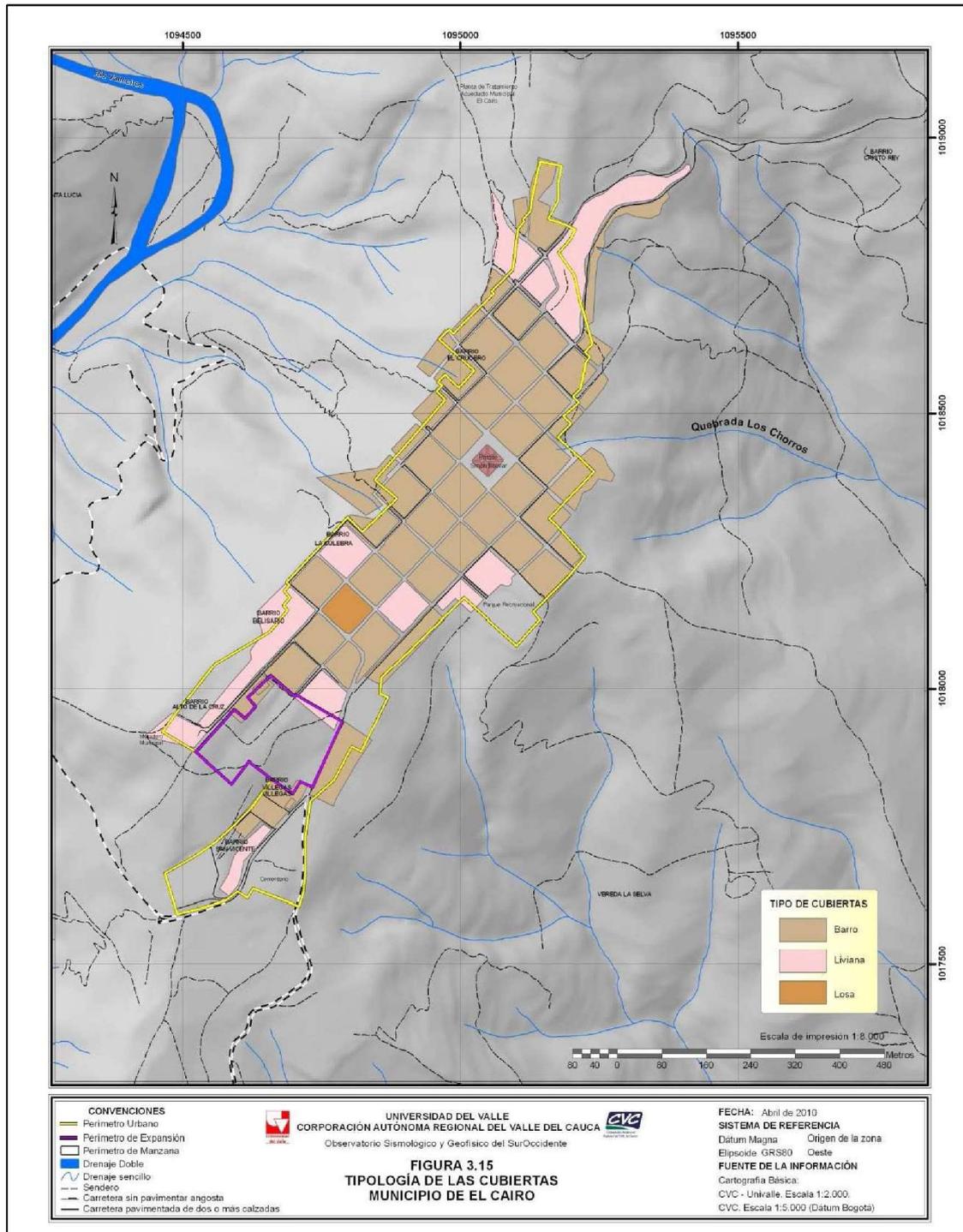


Figura 3.15 Distribución geográfica del tipo de cubierta.

Tal como puede apreciarse en la distribución espacial de las cubiertas en el casco urbano del municipio de El Cairo (ver Figura 4.15), las tejas de barro puestas sobre el artesonado predominan con respecto a las tipologías de cubierta liviana y losas de cemento.

D) Estado de Conservación de las viviendas

El estado estructural en el que se encuentran las viviendas resulta ser un indicador relevante para determinar el grado de fragilidad intrínseco de las mismas, ya que aquellas viviendas que se encuentren o presenten un estado avanzado de deterioro en sus elementos principales como paredes o muros serán las que perciban mayores daños como consecuencia de la acción de un fenómeno de remoción en masa. De acuerdo con los datos obtenidos, el 72% de las viviendas se encuentran en buen estado, el 24% presentan regular estado mientras que 4% de las viviendas están en pésimo estado de conservación, (ver figura 3.16); la distribución del estado estructural de las viviendas a nivel de manzana se refleja en la Figura 3.17.

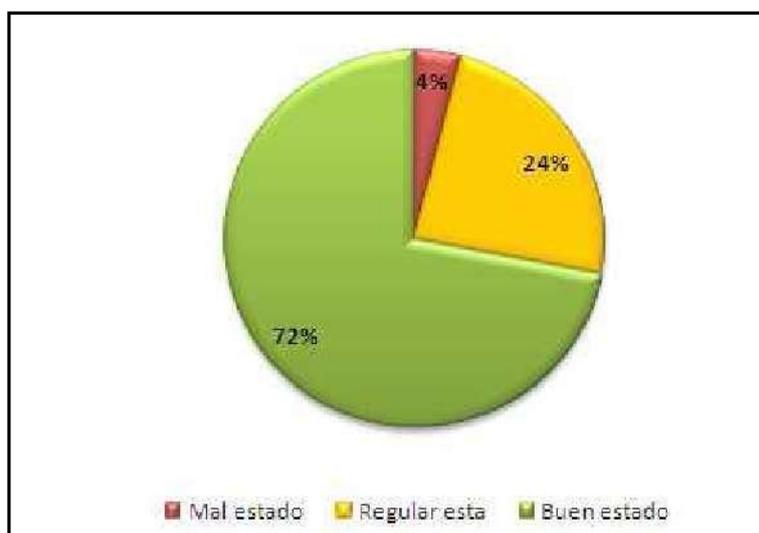


Figura 3.16 Distribución porcentual del estado estructural de las viviendas.

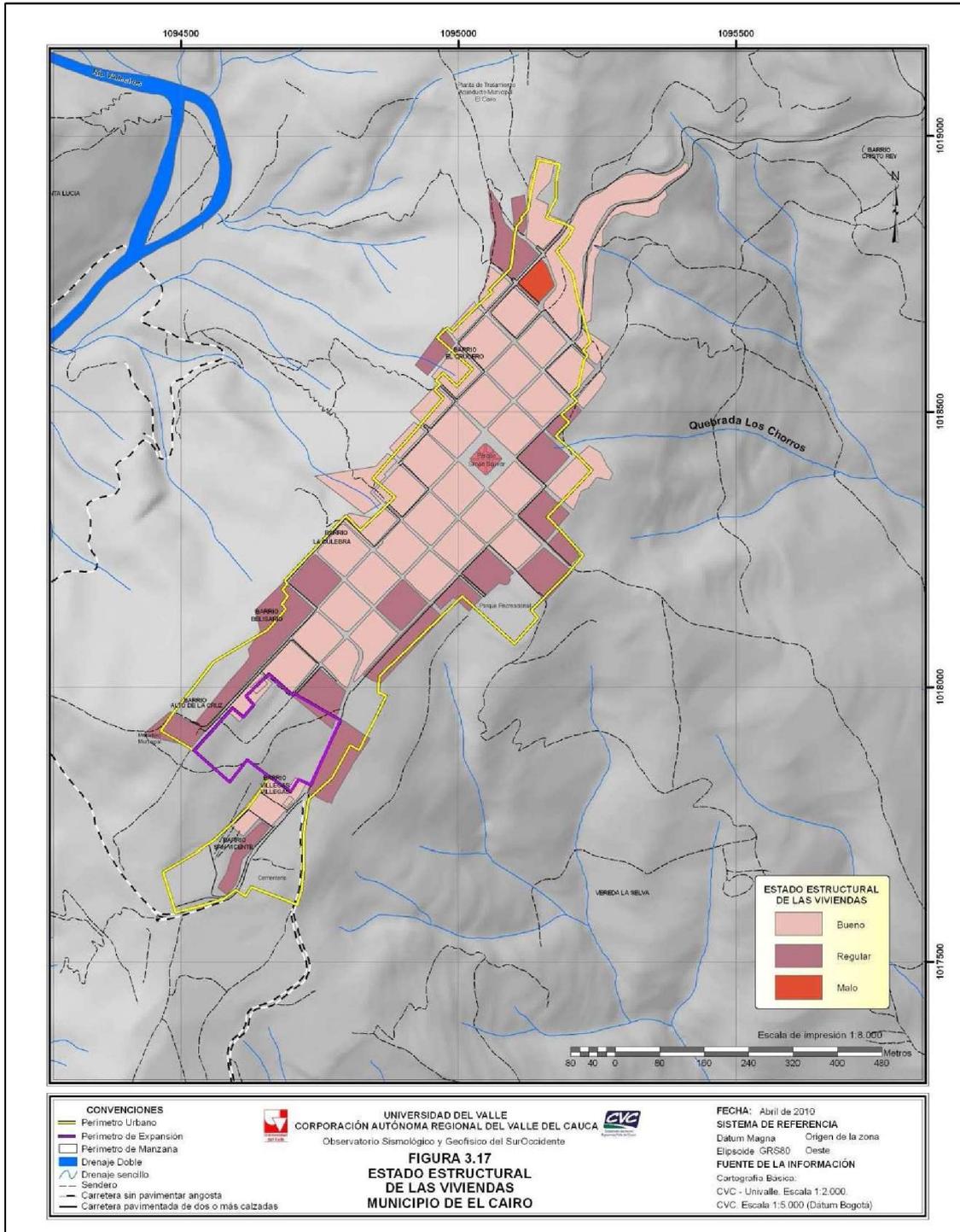


Figura 3.17 Distribución espacial del estado estructural de las viviendas.

E) Número de pisos de las viviendas

El número de pisos es un indicador tan importante como los anteriores, teniendo en cuenta que el tipo de fenómeno involucrado es la remoción en masa. Para efectos de otro tipo de fenómenos como inundaciones, una casa de más de un piso puede representar la diferencia en el grado de afectación sobre las personas. En el municipio de El Cairo prevalecen las viviendas y construcciones de un piso, tal como se observa en la Figura 3.18.

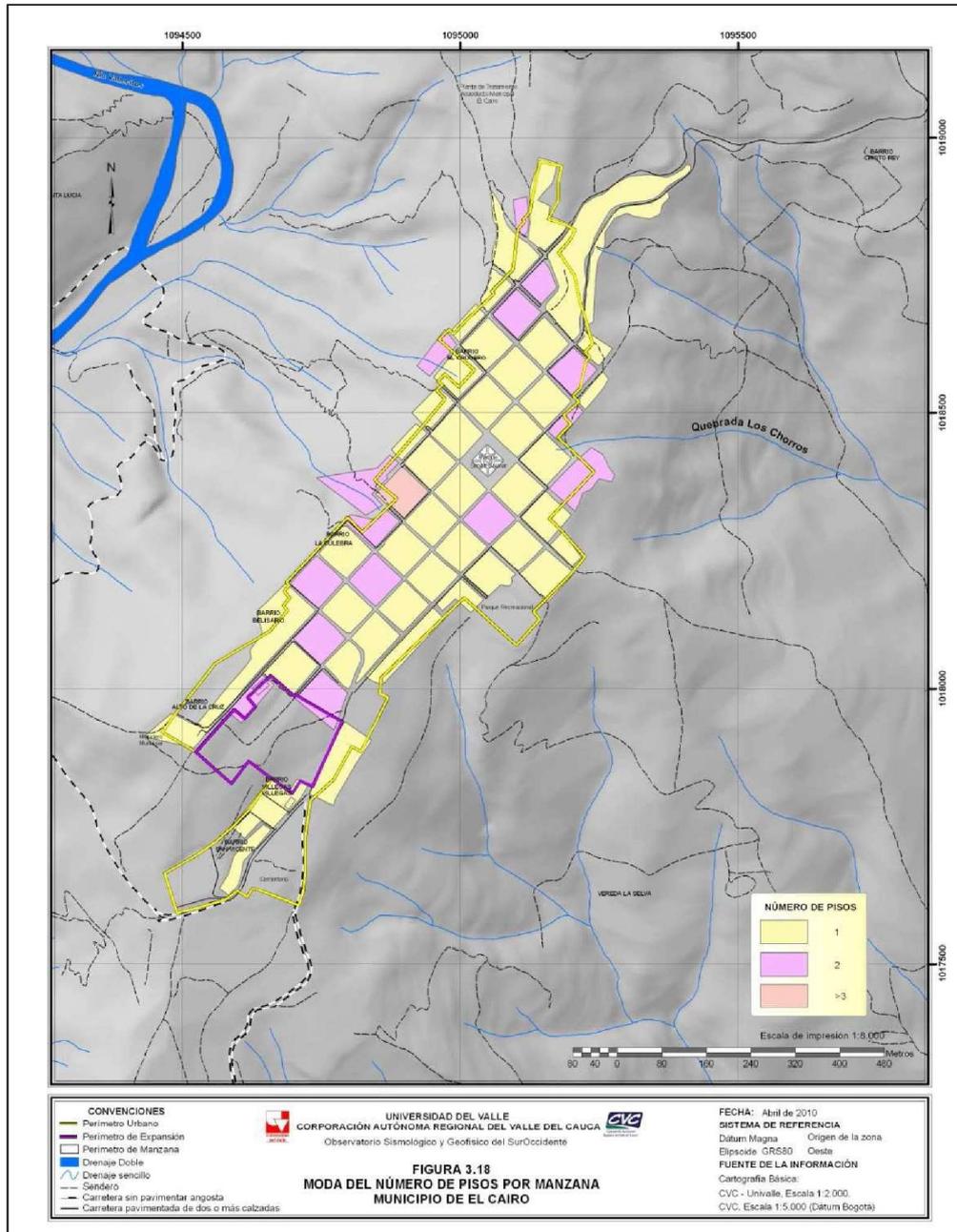


Figura 3.18 Distribución de las viviendas según número de pisos.

F) Avalúo catastral

Si bien el avalúo catastral, no corresponde a un indicador ponderado relevante para determinar el grado de fragilidad intrínseca de una vivienda, conocerlo puede resultar un dato muy importante en términos de la gestión del riesgo para estimar las posibles pérdidas económicas y establecer una cobertura subsidiaria como instrumento financiero para la recuperación frente a los desastres naturales. La principal fuente de información fue la oficina de catastro del municipio de El Cairo, lo que permitió representar geográficamente los patrones de distribución del avalúo del predio; la Figura 3.19 muestra claramente cómo el precio del suelo aumenta hacia la zona central del municipio.

3.4 Evaluación del grado de exposición de los elementos estructurales y corporales

En términos generales, la exposición o concentración hace referencia a los elementos, tanto estructurales como no estructurales de una determinada área geográfica, que son potencialmente afectables ante la ocurrencia de un evento amenazante. La exposición es entendida en este proyecto como una relación entre la peligrosidad y la densidad de los elementos en contacto directo con la misma, es decir aquellas viviendas y personas asentadas sobre áreas con un cierto nivel de amenaza.

Uno de los principales insumo para determinar el grado de exposición de una zona, es la zonificación de la amenaza (en su escenario más crítico); a partir de un modelo de exposición a la amenaza para los diferentes elementos involucrados, es posible determinar cuántos y en qué medida tales elementos se encuentran expuestos. Desde el punto de vista de la planificación y gestión del riesgo, es necesario contar con el aporte de la exposición de los elementos, para determinar quienes, qué, cuántos y dónde están distribuidos dichos elementos y bajo qué condición de amenaza se encuentran, a fin último de tomar decisiones y medidas concretas de mitigación. Así pues, se logró obtener un mapa de exposición de cada elemento para el municipio de El Cairo (ver Figuras 3.20 y 3.21), en donde se representa cuáles son las áreas geográficas más expuestas del casco urbano ante la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa; esto se logró a partir de una intersección espacial entre el escenario de amenaza más crítico y la densidad tanto de viviendas como de habitantes clasificada mediante el método *Natural Breaks* (explicado en el anexo 3.2), pudiendo obtener tres clases distintas, a saber: densidad alta, media y baja. Según la figura 4.22, el 76% de la población se encuentra con niveles de exposición alto y bajo en partes iguales, mientras que el 24% de la población presenta niveles bajos.

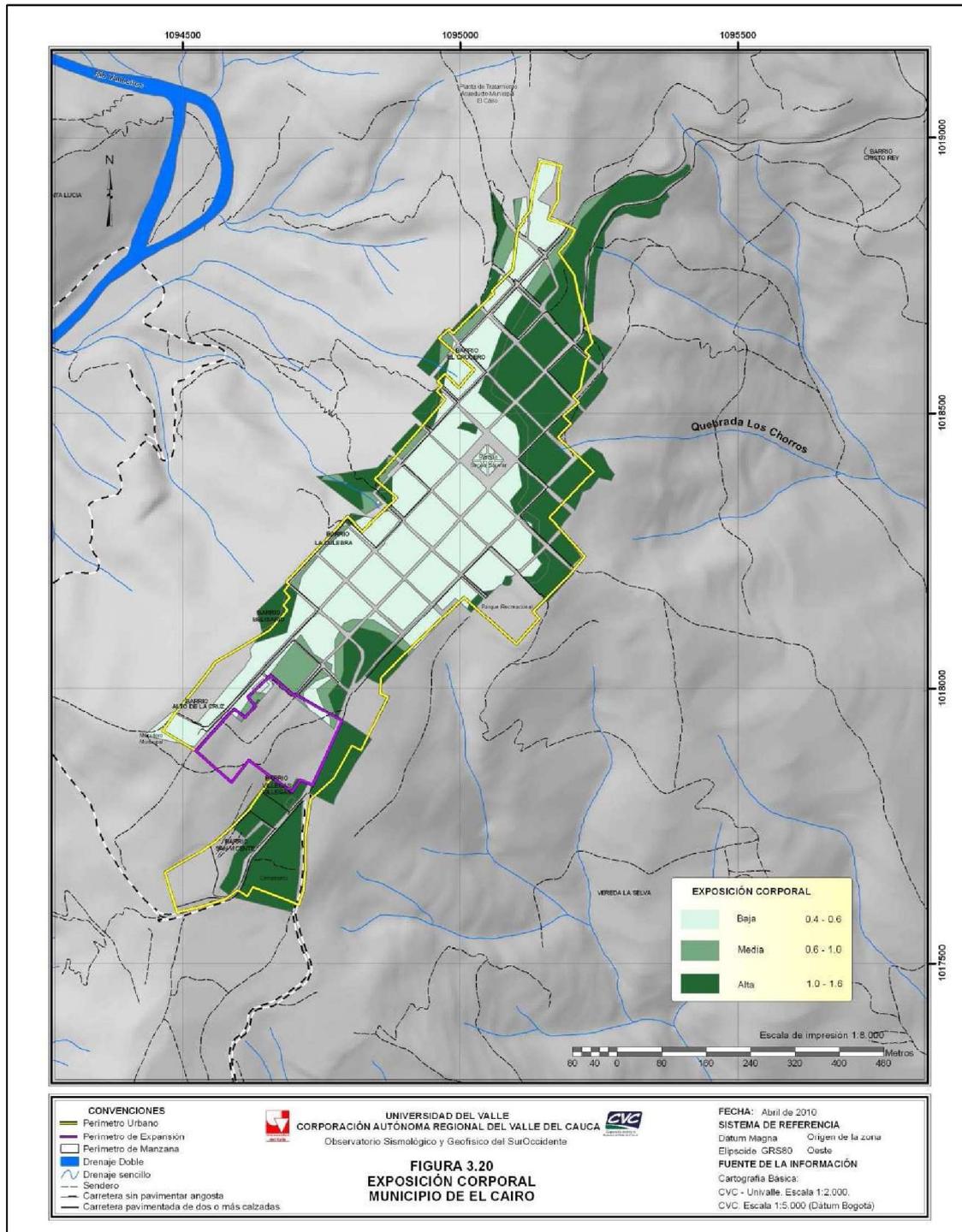


Figura 3.20 Niveles de exposición corporal.

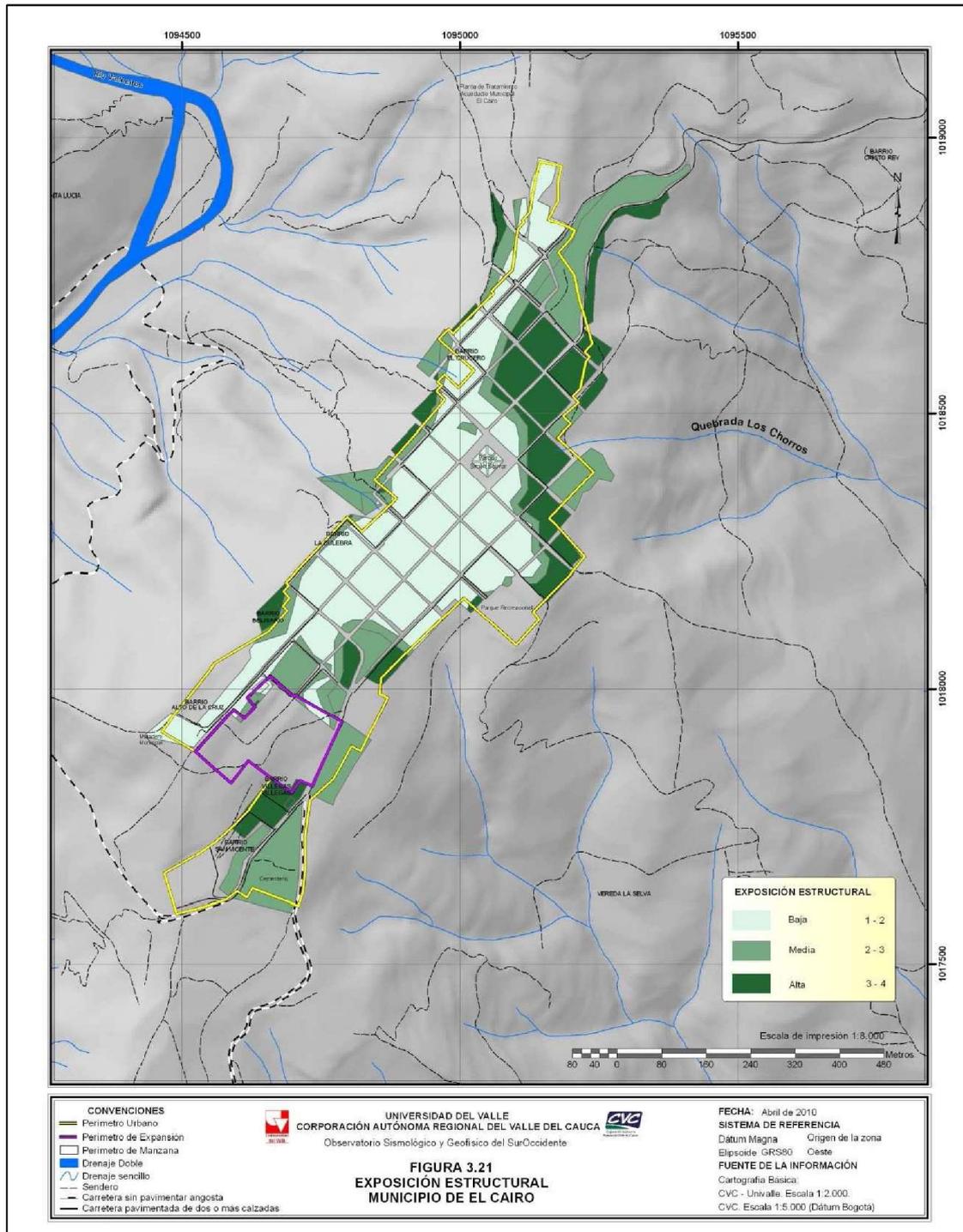


Figura 3.21 Niveles de exposición estructural.

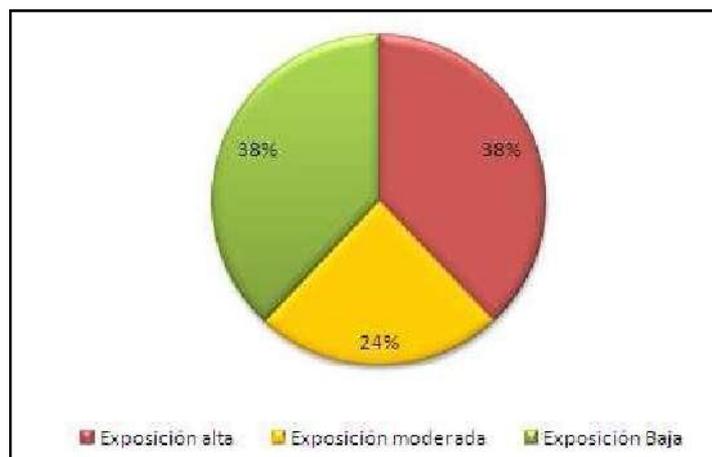


Figura 3.22 Exposición corporal.

Situación distinta se presenta en los niveles de exposición estructural, figura 3.23, donde el 50% de las viviendas presentan un nivel de exposición relativamente bajo, al mismo tiempo que el 50% de las viviendas presentan niveles altos y moderados repartidos en partes iguales

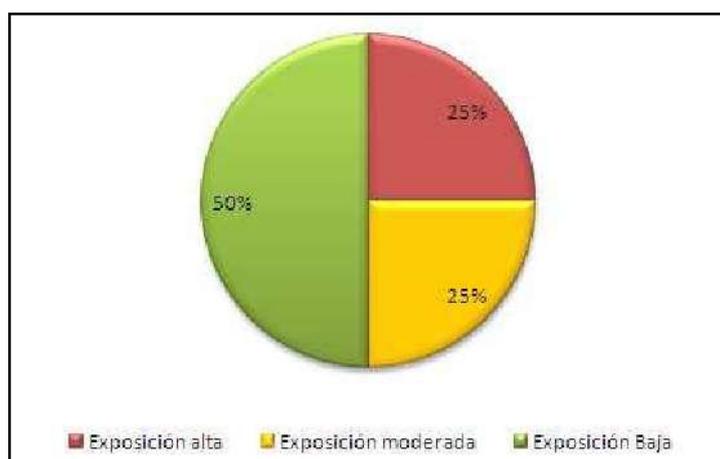


Figura 3.23 Exposición estructural.

De los dos anteriores mapas, representados en las figuras 3.20 y 3.21, se puede ver claramente que las zonas de mayor exposición corresponden a las zonas periurbanas aledañas a la ladera, las cuales se caracterizan por presentar niveles de densidad poblacional relativamente altos y zonas de amenaza altas. El centro del municipio se caracteriza por presentar niveles de exposición bajo debido al nivel de amenaza igualmente bajo que existe en este sector. Esto significa que en la medida que los procesos de crecimiento poblacional y aumento de construcciones mantengan su tendencia, el nivel de exposición frente a la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa reflejara un incremento relativo

3.5 evaluación del grado de fragilidad de cada uno de los elementos expuestos

Como se ha mencionado anteriormente, la fragilidad es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno; para ello es importante determinar cuáles son las características propias que hacen que un elemento sea débil o no. La combinación lineal de los parámetros ponderados y presentados en la metodología permitió identificar claramente el grado de fragilidad o debilidad tanto de las viviendas como de los habitantes del municipio de El Cairo;

En las figuras que se adjuntan en las siguientes páginas se muestran los resultados de la fragilidad estructural y corporal, cuyos criterios fueron desarrollados y justificados en la parte metodológica del presente informe.

Como puede apreciarse en las Figuras 3.24 y 3.25, la fragilidad corporal presenta un patrón de distribución definido donde los índices de fragilidad más elevados se presentan concentrados en algunos sectores del centro, sur y norte de la cabecera municipal; contrario a lo que sucede con la fragilidad estructural donde las áreas periurbanas aledañas a las zonas de ladera se caracterizan por presentar niveles de fragilidad o debilidad estructural alta, mientras que el resto de la cabecera presenta niveles medios.

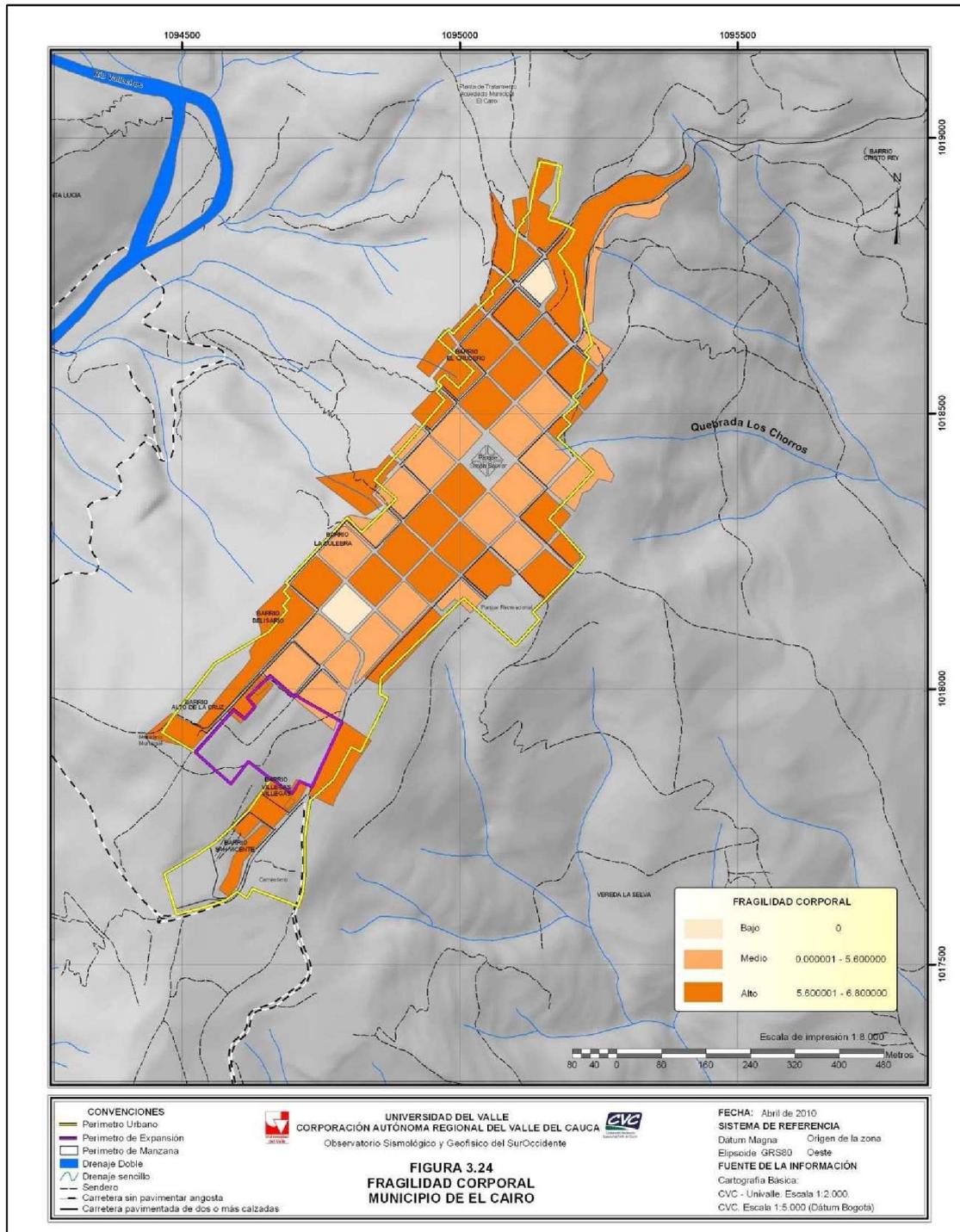


Figura 3.24 Distribución espacial de la fragilidad corporal.

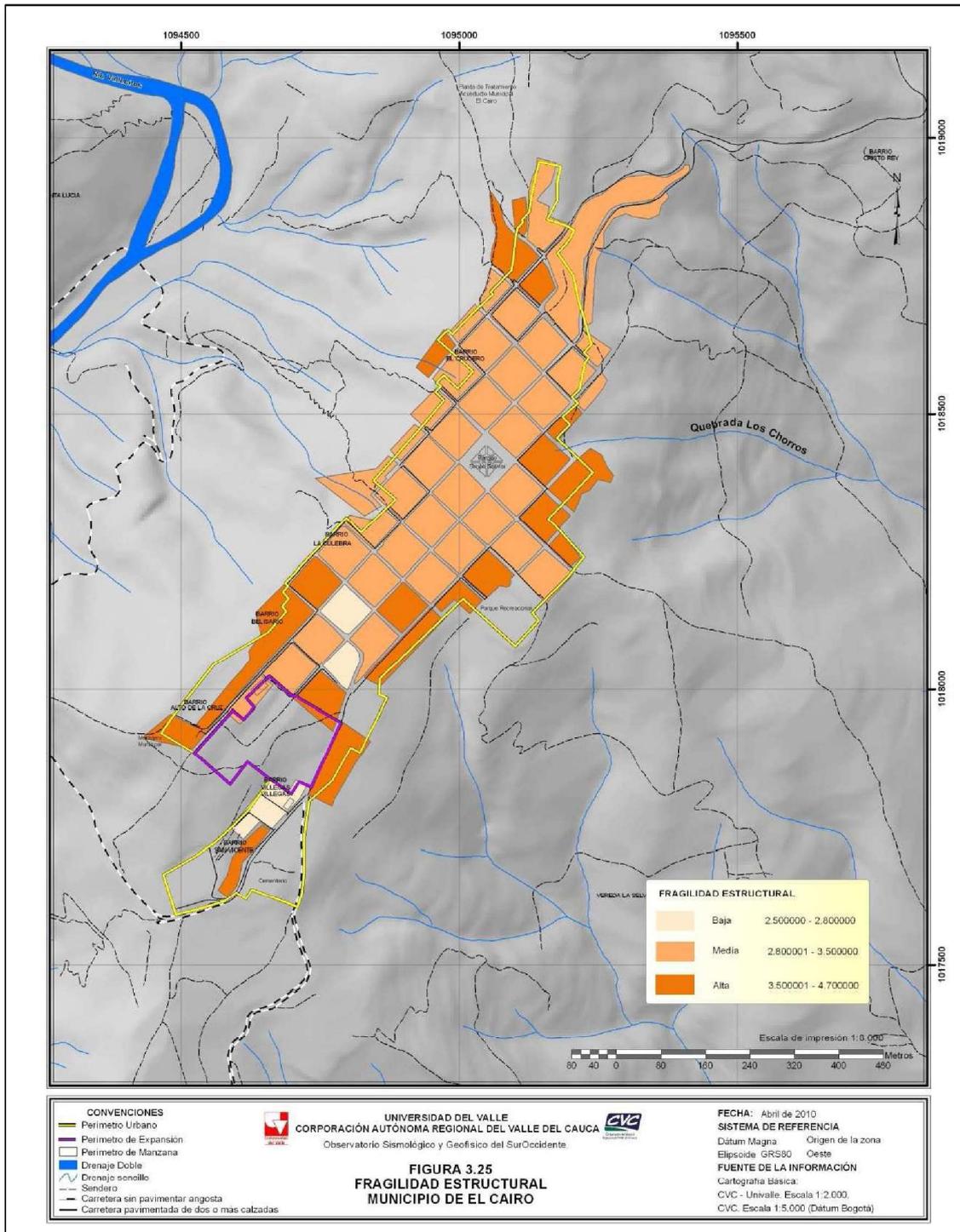


Figura 3.25 Distribución espacial de la fragilidad estructural.

3.6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESPECÍFICA Y GLOBAL

Una vez obtenido los mapas de exposición y fragilidad específicos, es decir, por cada elemento en cuestión, se procede a estimar el grado de vulnerabilidad específico y global de acuerdo a los planteamientos metodológicos.

Con respecto a la vulnerabilidad corporal, en el municipio de El Cairo se presentan tres niveles: alto, medio y bajo. En la figura 3.26 se muestra el porcentaje del área que corresponde a cada nivel de vulnerabilidad. El mayor porcentaje corresponde a niveles de vulnerabilidad alta, seguido por niveles de vulnerabilidad media y por último niveles de vulnerabilidad baja. Para el caso de las estructuras, el porcentaje tiende a reducirse para los niveles de vulnerabilidad media y alta mientras que la vulnerabilidad baja presenta un incremento considerable (ver figura 3.27).

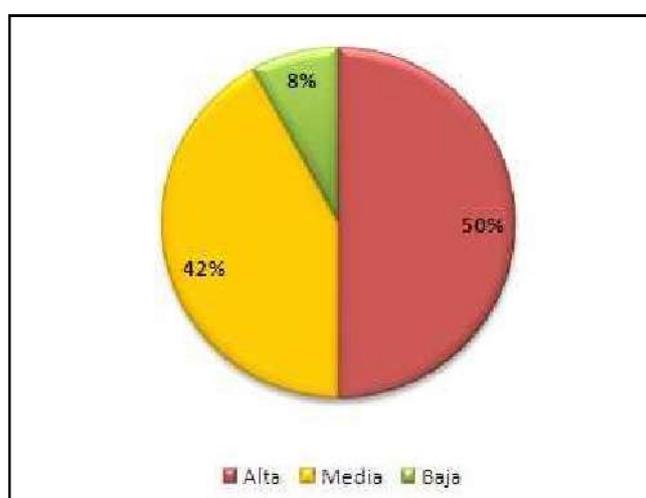


Figura 3.26 Niveles de vulnerabilidad corporal.

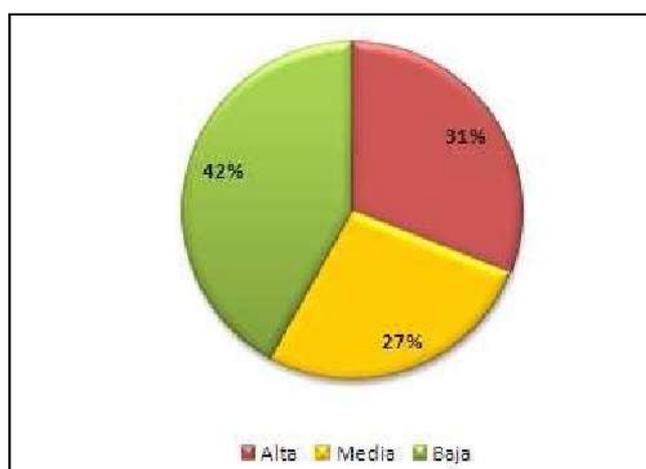


Figura 3.27 Niveles de vulnerabilidad estructural.

Tal como se puede apreciar en la Figura 3.28, las zonas periurbanas contiguas a las laderas se caracterizan por presentar niveles de vulnerabilidad corporal relativamente altos, con respecto al sector del centro, el cual corresponde en su mayoría a niveles de vulnerabilidad media.

Por su parte, la Figura 3.29 conserva el mismo patrón de distribución de la vulnerabilidad estructural, donde los niveles altos se localizan en las zonas periurbanas contiguas a las de ladera, con la diferencia que el sector del centro pasa a ser en este caso relativamente bajo.

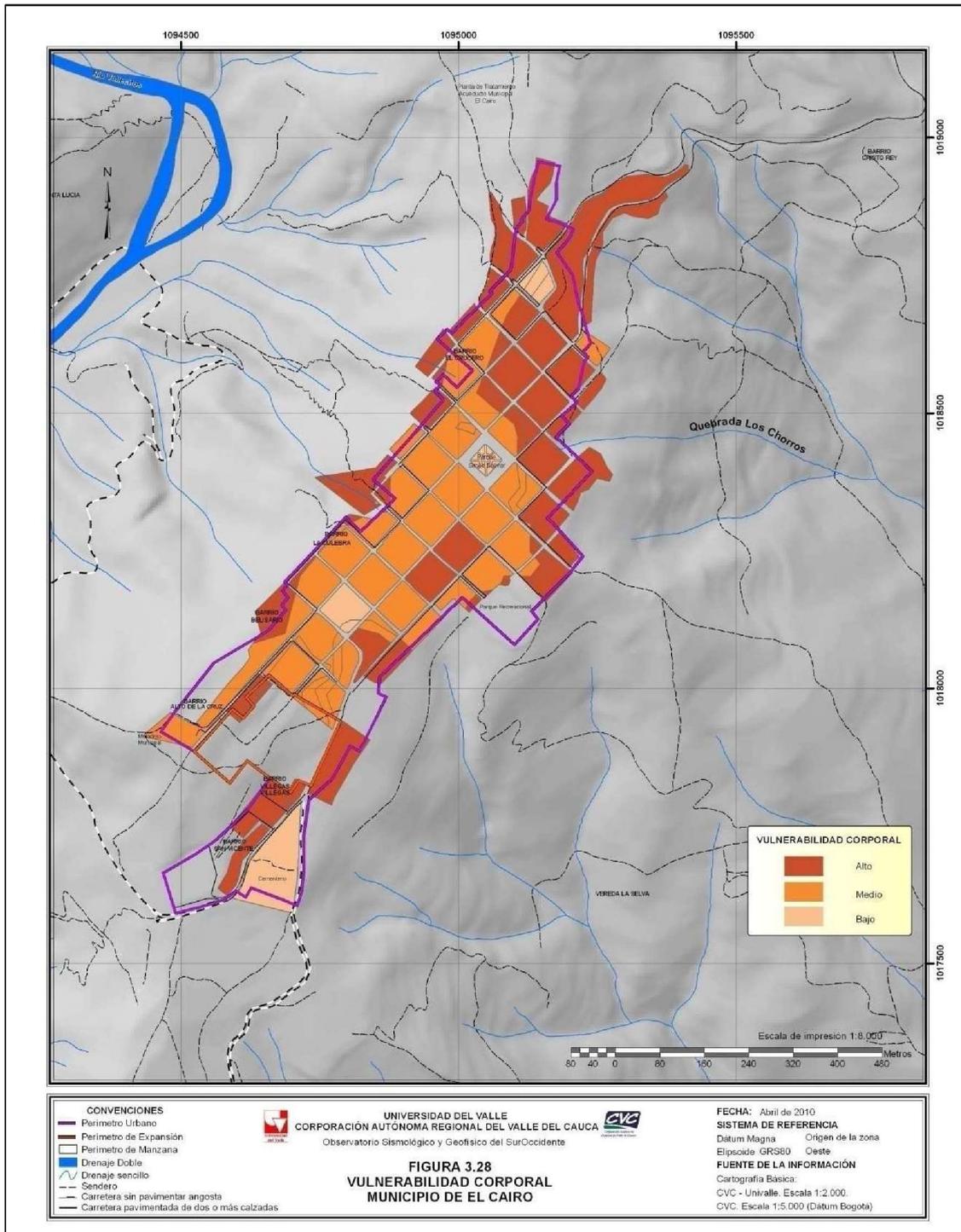


Figura 3.28 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal.

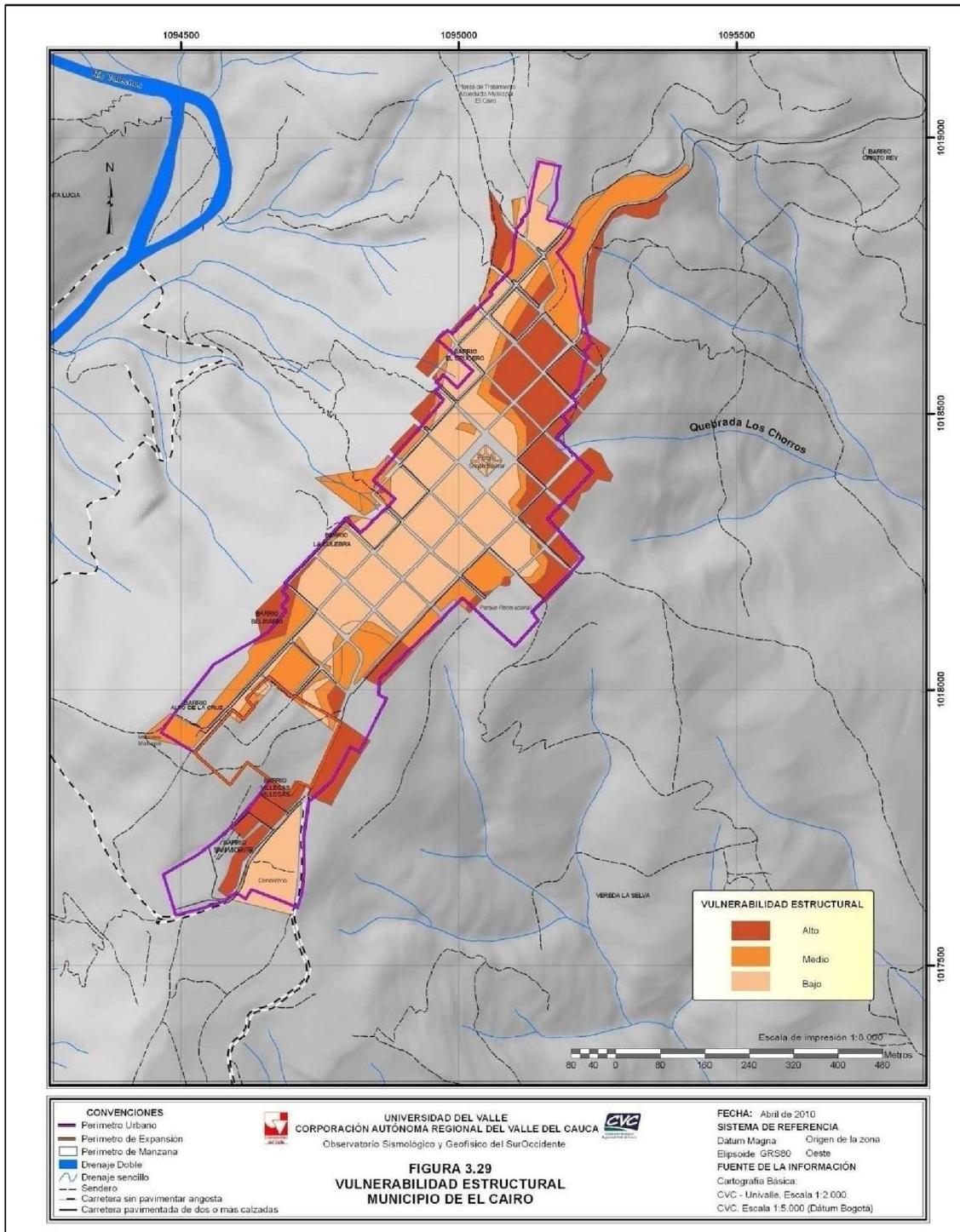


Figura 3.29 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural.

Una vez elaborado el mapa de vulnerabilidad específica, el paso siguiente es la construcción del mapa de vulnerabilidad global el cual envuelve tanto los elementos corporales como los elementos estructurales. La figura 3.30 muestra el porcentaje del área del municipio en cada uno de los distintos niveles de vulnerabilidad global. En términos generales, la mitad del municipio de El Cairo presenta un índice de vulnerabilidad global alto, aproximadamente el 50% del área total, seguido del 43,5% de área con índices de vulnerabilidad media y, por último, tan solo el 6,5% del municipio presenta indicadores bajos de vulnerabilidad.

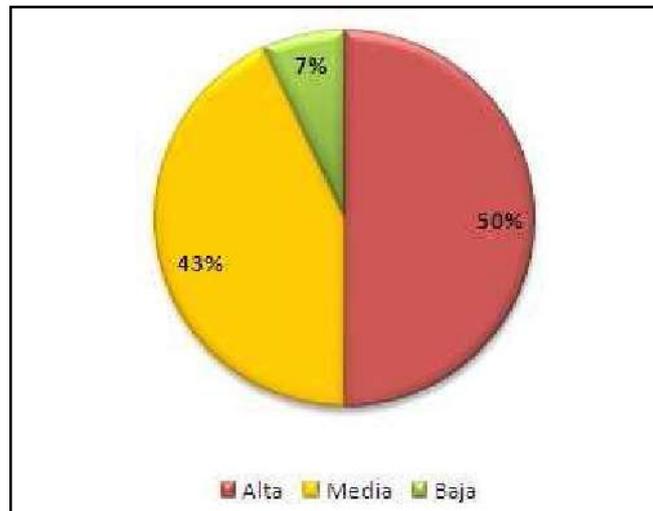


Figura 3.30 Niveles de vulnerabilidad global.

La Figura 3.31 muestra el mapa de vulnerabilidad global del municipio de El Cairo, en el cual también se discriminan tres niveles de vulnerabilidad alto, medio y bajo

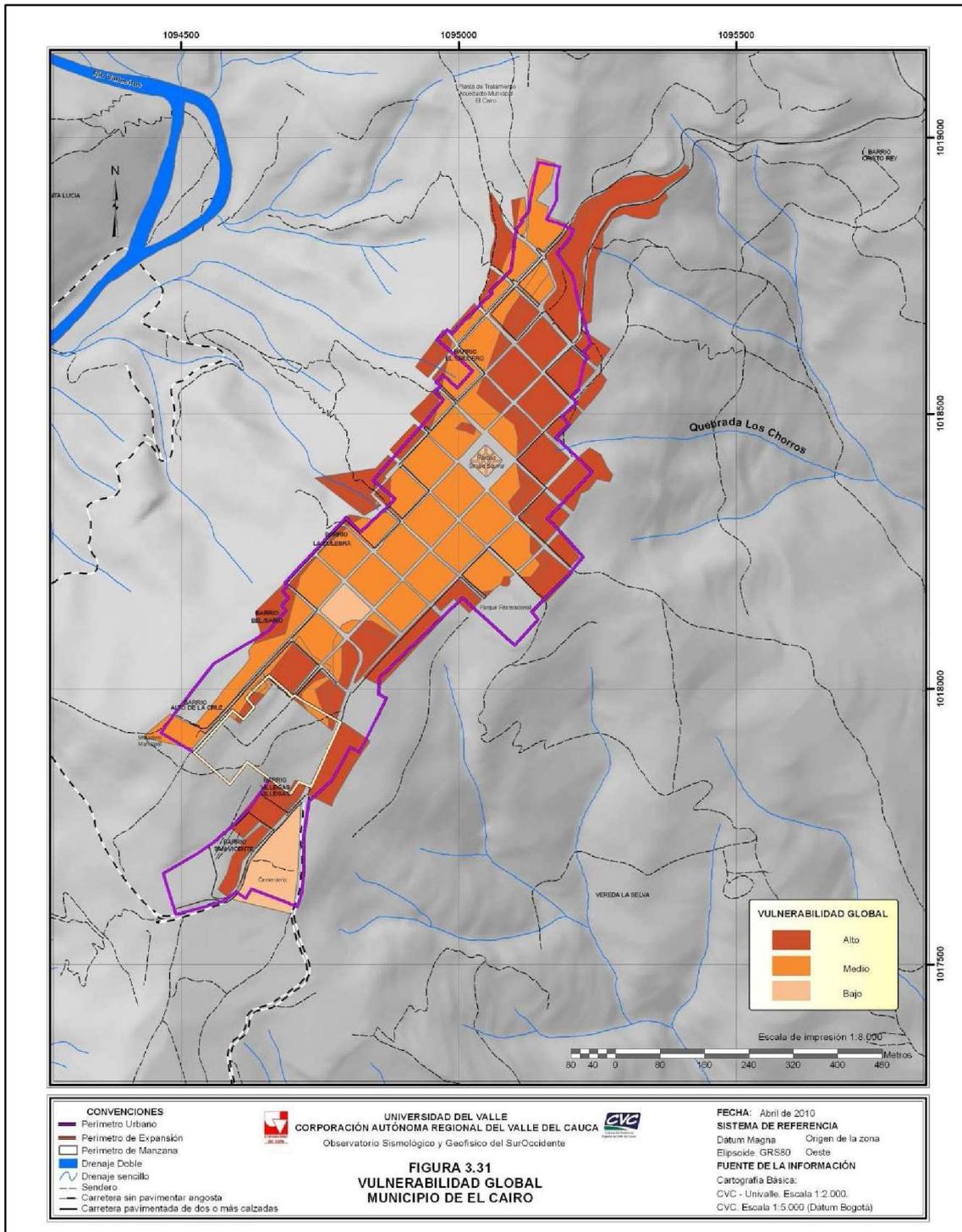


Figura 3.31 Zonificación de la vulnerabilidad global.

3.7 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN O DAÑO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

La relación entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación que pueda sufrir la misma. La importancia de elaborar un mapa de afectación, para el casco urbano del municipio de El Cairo, por fenómenos de remoción en masa, a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte que realiza al entendimiento del origen y comportamiento de escenarios de riesgo en los que sin duda, es el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas tanto humanas como materiales, como consecuencia de la acción de dichos fenómenos.

La Figura 3.32 es el resultado de la combinación lineal entre la amenaza y la vulnerabilidad, en ella se pueden apreciar las zonas de mayor afectación corresponden a las zonas perimetrales aledañas a las laderas donde las características propias asociadas a la amenaza y la vulnerabilidad las convierten en sectores en donde, como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa, los daños esperados serían los máximos traducidos en la pérdida de la vida y la destrucción parcial y/o total de las viviendas; en esta zona de afectación alta se encuentran localizados los barrios Calle de los Llanos, calle de los Pérez, San Vicente, Villegas, El crucero y el sector noroccidental del barrio El Centro.

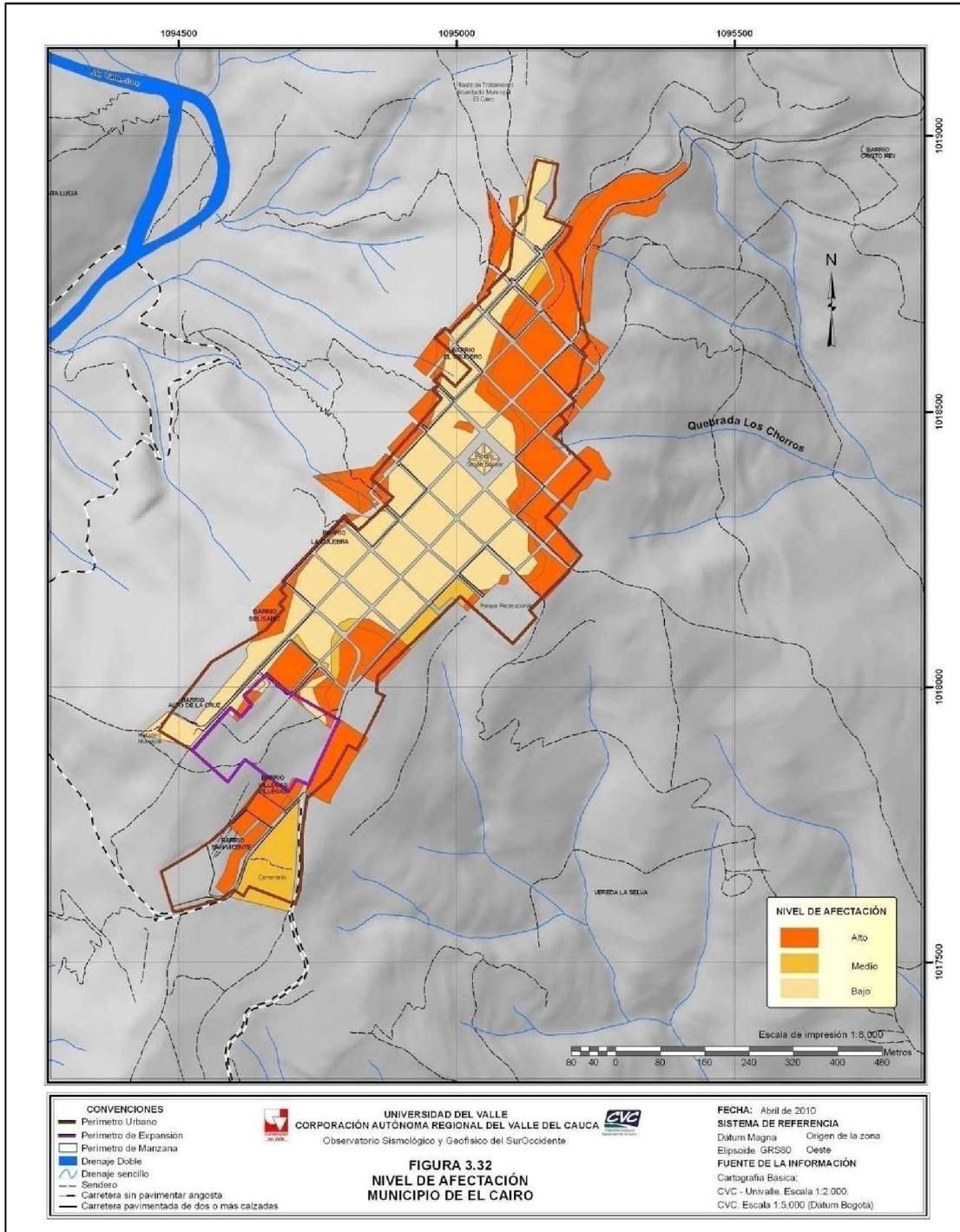


Figura 3.32 Zonificación del nivel de afectación.

De acuerdo con los resultados el municipio afronta una situación de riesgo en la que la totalidad de su extensión urbana se encuentra en niveles de afectación diferenciados, sin incluir la zona de expansión. Cerca del 48,7% del área del municipio se encuentra en una zona de afectación alta donde existen 702 viviendas aproximadamente y 1346 personas de las cuales se esperarían daños graves estructurales, destrucción parcial y/o total de las viviendas y la pérdida de la vida de gran parte de la población; por su parte, cerca del 43,9% del municipio se encuentra en una zona de afectación moderada, donde cerca de 712 viviendas y 1280 personas aproximadamente, podrían sufrir un nivel de daño relativamente bajo traducido en daños considerables que debilitarían las viviendas y heridas importantes sobre las personas. En cuanto al nivel medio de afectación, el área abarcada es del 7,4% del total de la cabecera urbana, donde hay cerca de 50 viviendas y 77 habitantes (ver figura 3.33).

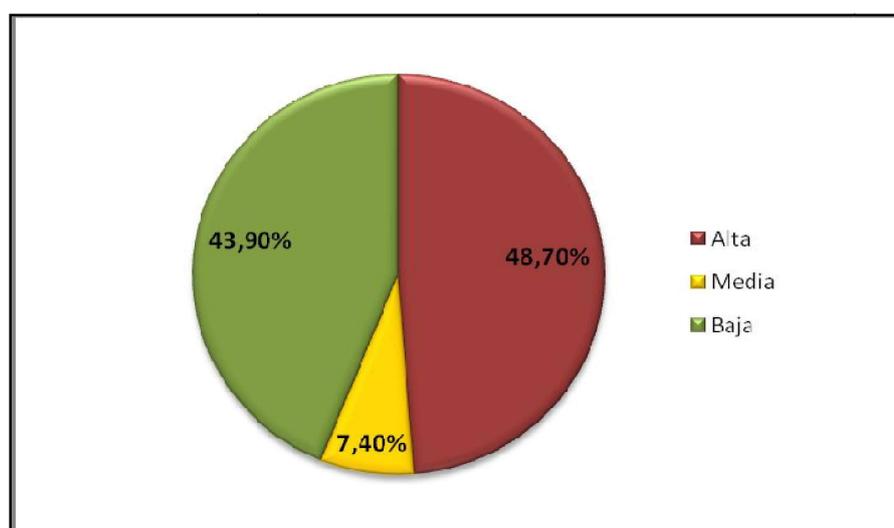


Figura 3.33 Distribución porcentual según nivel de afectación.

3.8. DETERMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DIURNO Y NOCTURNO

Como se mencionó en la metodología debido a la complejidad de los fenómenos naturales y la dinámica espacial que presentan los elementos corporales expuestos en función del espacio-tiempo, existe una variedad de posibilidades de manifestación del daño. En este sentido se adopta la propuesta de complementar el análisis mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que nos permitirá aproximarnos al daño específico en función del número ó porcentaje de personas damnificadas y viviendas afectadas. Para generar dicho modelo se efectúa el cruce de información correspondiente al modo de daño con el número de personas en la vivienda por escenario (diurno y nocturno).

Las tablas 4.2 y 4.3 muestran el número esperado de personas que podrían verse afectadas en niveles bajos, moderados y altos, de acuerdo con el mapa de zonificación de la afectación. En ellas se puede observar un incremento de la población afectada durante la

noche, puesto que se asume que el número total de la población se encuentra en sus viviendas, caso opuesto se percibe en el escenario diurno donde la población se encuentra por fuera de sus viviendas desarrollando algún tipo de actividad bien sea laboral, académica, etc.

Tabla 3.2 Escenario de afectación Diurno

Número de habitantes en el día	Nivel de afectación
<i>1599</i>	<i>Alto</i>
<i>268</i>	<i>Medio</i>
<i>939</i>	<i>Bajo</i>
Total de personas afectadas 2806	

Tabla 3.3 Escenario de afectación Nocturno

Número de habitantes en la noche	Nivel de afectación
<i>2186</i>	<i>Alto</i>
<i>73</i>	<i>Medio</i>
<i>1132</i>	<i>Bajo</i>
Total de personas afectadas 3391	

Por su parte, las figuras 3.34 y 3.35 muestran la proporción o el porcentaje frente al total de personas que se encuentran bajo un nivel de afectación dado por cada escenario.

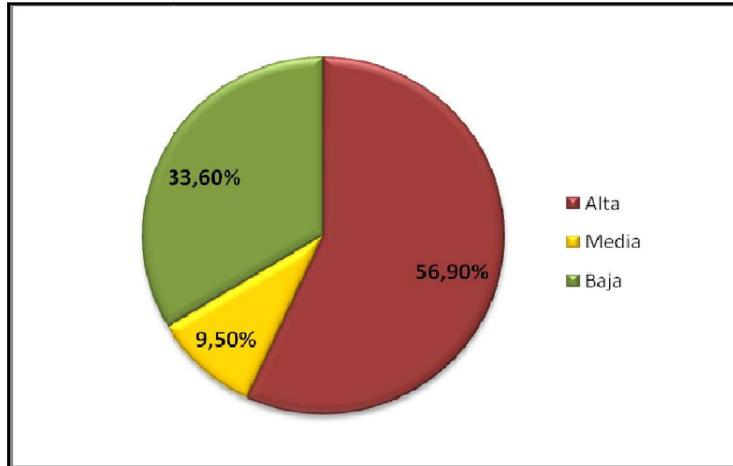


Figura 3.34 Población según el nivel de afectación diurno

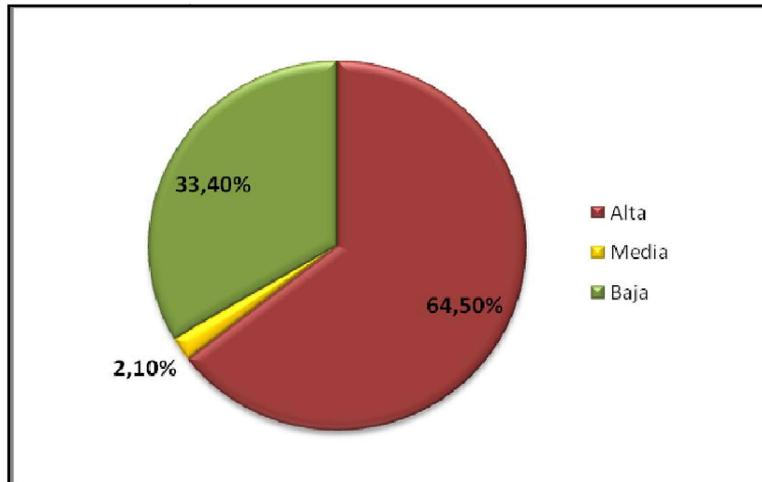


Figura 3.35 Población según el nivel de afectación nocturno.

De acuerdo con la dinámica misma de la población, en la que amplios sectores de la misma permanecen por fuera de sus viviendas durante el día, las zonas de afectación alta presentan un incremento de población dentro de las viviendas durante la noche con una diferencia de 7,6 puntos con respecto al porcentaje de población en las viviendas durante el día.

Para las zonas de afectación baja y media, se producen unos leves decrecimientos de la población durante las noches iguales a 0,2 y 7,4 puntos respectivamente con respecto al porcentaje de población que se encuentran dentro de las viviendas durante el día, lo cual sugiere que en muchas de estas edificaciones se encuentran personas laborando y/o estudiando que no necesariamente viven allí.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La cabecera municipal de El Cairo presenta zonas con niveles de afectación diferenciados donde los más altos corresponden a las zonas cercanas a las de ladera cuyas características propias asociadas a la amenaza y la vulnerabilidad, las convierten en sectores de alto riesgo por fenómenos de remoción en masa, donde los daños esperados son los máximos, es decir, pérdida de vidas y destrucción parcial y/o total de las viviendas.

Las zonas de afectación alta coinciden a grandes rasgos con los mapas de exposición al peligro, mostrados anteriormente en las figuras 3.20 y 3.21, con el agravante que aparecen nuevas zonas en afectación alta que corresponden a sectores de mayor concentración de población y de elevada fragilidad intrínseca. Dichas zonas se caracterizan por contar con unas condiciones topográficas, litológicas y de relieve más favorables para la ocurrencia de procesos de remoción en masa, además de una alta vulnerabilidad de la población con grandes dificultades para afrontar la acción de este tipo de fenómenos naturales; es el caso de barrios como Calle de los Llanos, Calle de los Pérez, San Vicente, Villegas, el Crucero y el sector noroccidental del barrio El Centro. Estas son las áreas que requieren de una atención especial, no sólo para su planeación futura, sino para su atención a corto plazo, con el propósito de disminuir los daños que puedan desencadenarse. Por su parte la afectación moderada involucra valores de vulnerabilidad y peligro cercanos a la media; son zonas potencialmente riesgosas, sin embargo los niveles de vulnerabilidad son de medio a bajo; la extensión de área en estas zonas es muy poco significativa y pueden verse como una zona de transición entre la afectación alta y baja.

El nivel de afectación bajo es el dominante en el centro de la cabecera municipal, hecho que se explica por la topografía plana (aspecto físico que favorece la estabilidad del terreno en dicho sector) más que por condiciones de vulnerabilidad baja; en esta franja aparecen gran parte del barrio El Centro y Alto de La Cruz.

Todo lo anterior quiere decir que existen en el municipio escenarios poco propicios para la construcción de asentamientos, al igual que se encuentran viviendas y grupos humanos muy expuestos frente a la presencia de fenómenos de remoción en masa, lo cual constituye posibles escenarios de desastre. Es por ello que las viviendas que se encuentran en las zonas de mayor afectación deben ser tenidas en cuenta dentro de los programas de reubicación de manera prioritaria. Además se debe prohibir la construcción de cualquier tipo de estructura sobre dichas zonas, para lo cual se debe mantener un monitoreo constante.

Es importante anotar que las zonas de afectación moderada y baja no están excluidas en el ejercicio responsable de desarrollar procesos de gestión del riesgo, por el contrario dichos sectores del municipio pueden ser escenarios de atención o albergue ante la presencia de situaciones de desastre, lo cual conlleva una responsabilidad igual o mayor a la que poseen quienes viven en lugares de mayor afectación.

La utilización de los diferentes mapas de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación que se presentan como producto fundamental del estudio se constituyen en una

valiosa herramienta para la construcción de nuevos espacios de planificación y sostenibilidad en el municipio de El Cairo. Los procesos de gestión que se adelanten a partir de los resultados obtenidos, deberán estar orientados a la planificación rigurosa de los espacios de vida de las poblaciones y a desarrollar procesos de mitigación en aquellas zonas que lo ameriten, sin embargo, esto no quiere decir que el trabajo se oriente desde la lógica exclusiva de la administración o de las autoridades, en el proceso debe quedar inmersa la población en tanto pueda empoderarse para transformar el entorno a la luz de la gestión local del riesgo.

La iniciativa del presente estudio, de generar una metodología para la caracterización y evaluación de la vulnerabilidad y afectación frente a un determinado peligro, resulta de capital importancia en tanto ayuda a avanzar en el conocimiento del tema y brinda una herramienta que permite lograr mejores niveles de confianza en la toma de decisiones.

La gran cantidad de información recopilada sobre los elementos que pueden ser afectados por deslizamientos y los daños provocados, así como su análisis y modelación sistemática, han sido los factores más importantes que han permitido el desarrollo pleno de la metodología planteada para la elaboración de los distintos escenarios de afectación con un sentido cuantitativo y cualitativo; sin embargo, y en cualquier caso, la estimación de las futuras consecuencias directas de los deslizamientos (destrucción de elementos materiales o pérdidas de vidas) presenta una serie de incertidumbres, las cuales se incrementan para el caso de las pérdidas indirectas (todas aquellas que se producen sobre actividades económicas, etc.), que en este estudio no se han tomado en cuenta, lo que requiere de una información y análisis adicional, pues las pérdidas derivadas de la interrupción en las actividades diarias no se restringen al área afectada por el evento, sino que pueden tener efectos a grandes distancias.

Uno de los factores que prácticamente todos los modelos de riesgo consideran es la vulnerabilidad; ésta depende fundamentalmente de las características propias de los elementos expuestos, de manera que la información existente sobre una zona no puede ser, en general, aplicada a otras. Los criterios mostrados para la evaluación de la vulnerabilidad son muy diversos y tienen cierta subjetividad, por lo que el significado de los mapas resultantes es aproximado. La mayor parte de los trabajos que abordan este tema están de acuerdo en la expresión de la vulnerabilidad (de 0 a 1 ó de 0 a 100%); esto, aunque es un proceso que se aplica con cautela, permite estimar la vulnerabilidad sobre bases objetivas y empíricas.

Otra línea que conviene abordar es el perfeccionamiento de los procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad y afectación. Esto puede lograrse, por un lado, a través de mejoras en la obtención de datos sobre daños pasados (tipo de elementos afectados, daños experimentados por cada tipo de elemento, etc.) y, por otro lado, a través de una mejor caracterización de los elementos existentes, de su valor y de su probable comportamiento ante eventos futuros.

La generalización y estandarización de los métodos de evaluación del riesgo deben ayudar a desarrollar medidas de prevención/mitigación, que permitan reducir los daños debido a cierto tipo de fenómeno, así como disponer de mejores herramientas para la ordenación del territorio. Ese tipo de procedimientos cartográficos tienen la ventaja de ser dinámicos y de permitir una continua actualización, a través de la incorporación de nuevos datos, o bien de futuras mejoras en los modelos.

Un aspecto de suma importancia que se presenta como aporte a los procesos de gestión local del riesgo, corresponde a la zonificación de escenarios de afectación diurno y nocturno, ello debe tenerse en cuenta para su incorporación en los planes, debido a que las afectaciones son diferentes en función de la cantidad de población que se encuentra en las viviendas y que las pérdidas calculables en este aspecto difieren de manera significativa.

5. BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN Guzmán, Adolfo. (2006) “*Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa*”, En: Revista Internacional de Desastres Naturales; vol. 6, No 2.

ALCÁNTARA, Irasema & BORJA, Roberto; (2003) “*Procesos de Remoción En Masa y Riesgos Asociado asociados en Zacapoaxtla, Puebla.*” Universidad Autónoma de México. México D.F.

BARRENECHEA, Julieta. GENTILE, Elvira. GONZÁLEZ, Silvia & NATENZÓN, Claudia. (2000) “*Una Propuesta Metodológica para el Estudio de la Vulnerabilidad Social en el Marco de la Teoría Social del Riesgo*”. Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto de Geografía. Argentina.

BOSQUE, Joaquín. LOECHES, Miguel. MÁLPICA, José. PÉREZ, Esther. TEMIÑO, Javier & ZARCO Ismael. (2003) “*Un Procedimiento para elaborar Mapas de Riesgos Naturales Aplicado a Honduras.*” Universidad de Alcalá. Madrid, España.

BRICEÑO, César Augusto, (2000) “*Calidad y Equidad de la Educación*”. Encuentro de Directivos y Altos Funcionarios de los Ministerios de Educación de los Países Iberoamericanos. Antigua, Guatemala.

BUCH, Mario & TURCIOS Marvin, (2003) “*Vulnerabilidad Socioambiental: Aplicaciones para Guatemala*”. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Guatemala.

CALVO GARCIA-TORNEL. (1982) “*El riesgo, un intento de valoración geográfica*”. *Murgetana*, LXII; 91-128.

_____. (1984) “*La geografía de los riesgos*”. *Geocrítica*. 54,7-39

CARDONA, O.D. (2001). “*Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*” Universidad Poli-técnica de Cataluña, Barcelona. [En línea]. <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>

CARDONA, O & HURTADO, J. (2000). “*Modelación Numérica para la Estimación Holística del Riesgo Sísmico Urbano Considerando Variables y Técnicas Sociales y Económicas*”. En: Métodos Numéricos en Ciencias Sociales (MENCIS 2000). Oñate, et al (Eds.). Universidad Politécnica de Cataluña. España.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) & BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2000) “*La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres: un tema de desarrollo*”, 63 p.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPUBLICA, (2004) “*Coincidencias y Diferencias en la Estimación de la Pobreza*”. Colombia.

COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). (2002) *“Apoyo Local para el Análisis y Manejo de los Riesgos Naturales en el Ámbito Municipal de Nicaragua”*. Managua. 46 p.

DANE (2008) *“Manual de Recolección y Conceptos Básicos Encuesta Nacional de Calidad de Vida ECV 2008”*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Dirección de Metodología y producción estadística. Colombia

DPAE. (2000) *“Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C”*. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias. Colombia.

ETXEBERRÍA, Paulo; EDESO, José Miguel & BRAZAOLA, Adolfo. (2005) *“Propuesta de una Metodología para Elaborar Mapas de Peligros Naturales en Guipúzcoa Utilizando SIG”*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera y de Obras Públicas. España.

INGEOMINAS. (2000) *“Informe Técnico sobre Fenómenos de Remoción en Masa que Afectan el Municipio de Herran, Departamento del Norte de Santander”*. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero, Ambiental y Nuclear. Subdirección de Amenazas Geoambientales. Bogotá D.C

LAVELL, A. *“Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos”*. [En línea]. <<http://desenredando.org>>.

LONDOÑO, Juan Pablo. (2007) *“Evaluación Holística de Riesgos Frente a Movimientos en Masa en áreas Urbanas Andinas. Una Propuesta Metodológica.”* Universidad Politécnica de Cataluña. España.

NÚÑEZ, Segundo & VILLACORTA, Sandra, 2002. *“Susceptibilidad a los Movimientos en Masa en la Cuenca Chancay y Lambayeque”*. Sociedad Geológica del Perú. Lima-Perú.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo). (2003) *“Reducción del Riesgo de desastres: Un Reto para el Desarrollo”*. Estados Unidos. 193 p.

_____ (2001) *“Informe sobre Desarrollo Humano, El Salvador”*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. El Salvador.

SINAPRED. (2005) *“Reporte sobre las Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos ante Inundaciones, Deslizamientos, Actividad Volcánica y Sismos”*. Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres. Nicaragua.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) & RAPCA (Programa de Acción Regional para Centro América). (1999). *“Aplicación de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos para el Análisis de Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgo”*. [en línea]. <<http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/start.html>>.

VELÁSQUEZ, A & ROSALES, C. (1999). “*Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar*”. OSSO – ITDG – LARED.

WHITE, G. (1975) "*La investigación de los riesgos naturales*". En Chorley, R. (ed.) *Nuevas tendencias en Geografía*, p 281-319

WHITE, G. & HASS, E. (1975). “Evaluación de investigaciones sobre Amenazas Naturales”. Universidad de Cambridge. Inglaterra.

WILCHES, Chauz G. (1989). “*La Vulnerabilidad Global*”.

_____ (1989): “*Desastres, Ecologismo y Formación Profesional*”. SENA, Popayán, Colombia.

6. GLOSARIO

6. GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES

AMENAZA

Se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y/o el ambiente expuestos. Es un factor de riesgo externo que se expresa como la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo definido.

Es un factor externo al sujeto, a los bienes, a la infraestructura, que representa un peligro asociado con un fenómeno que puede presentarse en un momento y tiempo dados con efectos adversos sobre la población, los bienes y el medio ambiente.

Amenaza no es sinónimo de fenómeno, tampoco de evento. La amenaza surge cuando de la posibilidad técnica se pasa a la probabilidad más o menos concreta de que un fenómeno de origen natural o antrópico se produzca en un determinado tiempo y en una determinada región que no está adaptada para afrontar sin traumatismos ese fenómeno. Esa falta de adaptación, o sea fragilidad o vulnerabilidad, es precisamente la que convierte la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en una amenaza.

También se puede decir que es el peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa y que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura y los bienes y servicios. Es un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

AMENAZA NATURAL

Es un peligro latente asociado con la posible manifestación de un fenómeno de origen natural –por ejemplo, un terremoto, una erupción volcánica, un tsunami o un huracán- cuya génesis se encuentra totalmente en los procesos naturales de transformación y modificación de la Tierra y el ambiente. Suelen clasificarse de acuerdo con sus orígenes terrestres o atmosféricos, permitiendo identificar, entre otras, amenazas geológicas, geomorfológicas, climatológicas, hidrometeorológicas, oceánicas y bióticas.

AMENAZA SOCIO-NATURAL

Peligro latente asociado con la probable ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación ambiental o de intervención humana en los ecosistemas naturales. Ejemplos de estos pueden encontrarse en inundaciones y deslizamientos resultantes de, o incrementados o influenciados en su intensidad, por procesos de deforestación y degradación o deterioro de cuencas; erosión costera por la destrucción de manglares; inundaciones urbanas por falta de adecuados sistemas de drenaje de aguas pluviales.

Las amenazas socio-naturales se crean en la intersección de la naturaleza con la acción humana y representan un proceso de conversión de recursos en amenazas. Los cambios en el ambiente y las nuevas amenazas que se generarán con el Cambio Climático Global son el ejemplo más extremo de la noción de amenaza socio-natural. Muchos fenómenos que

asuman las características de amenazas socio-naturales ocurren también por procesos de la naturaleza. En este último caso, entonces, constituyen solo casos de amenaza natural.

AMENAZA ANTROPOGÉNICA O ANTRÓPICA

Peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte, consumo de bienes y servicios, y la construcción y uso de infraestructura y edificios. Comprenden una gama amplia de peligros como lo son las distintas formas de contaminación de aguas, aire y suelos, los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias tóxicas, los accidentes de los sistemas de transporte, la ruptura de presas de retención de agua, etc.

AMENAZAS CONCATENADAS O COMPLEJAS

Hace referencia a la probable ocurrencia en serie o secuencia de dos o más fenómenos físicos peligrosos donde uno desencadena el otro y así sucesivamente. Un ejemplo se encuentra en la forma en que un sismo puede causar la ruptura de presas y diques, generando inundaciones que rompen líneas de transmisión de productos volátiles o contaminantes con repercusiones directas en los seres humanos u otras especies de fauna o flora.

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

Es el proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno físico se manifieste, con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo definido y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables

EXPOSICION

Es el grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de peligrosidad dado.

Es la localización en el espacio de los bienes, la población, las áreas agrícolas y la industria, con respecto a una amenaza, de tal manera que pueden ser afectados en mayor o menor medida cuando la amenaza se manifieste.

En otras palabras, se refiere a las personas, los bienes, las áreas agrícolas y la industria directamente sujetos a una amenaza.

FRAGILIDAD

Es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno

RESILIENCIA

Resiliencia viene del verbo latino resilio, resilier (rebotar, saltar hacia atrás). No es palabra de la lengua española. En física expresa la capacidad de un resorte para volver a su estado original una vez cesa la fuerza que lo comprime o extiende. Ha sido adaptada a la gestión de riesgos y podría definirse como la capacidad del ambiente o de grupos y sistemas socioeconómicos de sobreponerse, recuperarse, después de ser afectados gravemente por circunstancias derivadas de emergencias o desastres.

RIESGO

Es la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre el medio natural y humano dadas unas condiciones de vulnerabilidad específicas para un escenario específico de la amenaza. Estrictamente, es el cálculo anticipado de pérdidas esperables (en vidas y bienes) por un fenómeno de origen natural, socionatural, antrópico o tecnológico, que actúa sobre el conjunto social y su infraestructura.

Riesgo = (amenaza + vulnerabilidad) / capacidad de respuesta y recuperación

EVALUACIÓN DE RIESGO

Estimación de pérdidas probables considerando el nivel de peligrosidad de un evento o fenómeno o el grado de peligro durante un tiempo de exposición dado, y la vulnerabilidad de las personas y sus bienes.

Es necesario tomar en consideración los riesgos diferenciados que se presentan al interior de nuestro país, observándose la ocurrencia de riesgos relativos, ya que podemos observar que el impacto de algún desastre podría ser poco significativo en alguna zona urbana que goce de ciertos servicios básicos, pero podría ser muy significativa en un ambiente rural que carece de estos mismos servicios. Definitivamente, los más pobres son siempre los más afectados.

ESCENARIOS DE RIESGO

Un análisis presentado en forma escrita, cartográfica o diagramada, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas, y basado en métodos participativos, de las dimensiones del riesgo que afecta a territorios y grupos sociales determinados. Significa una consideración pormenorizada de las amenazas y vulnerabilidades, y como metodología ofrece una base para la toma de decisiones sobre la intervención en reducción, previsión y control de riesgo. En su acepción más reciente, implica también un paralelo entendimiento de los procesos sociales causales del riesgo y de los actores sociales que contribuyen a las condiciones de riesgo existentes. Con esto se supera la simple estimación de diferentes escenarios de consecuencias o efectos potenciales en un área geográfica que tipifica la noción más tradicional de escenarios en que los efectos o impactos económicos se registran sin noción de causalidades.

SUSCEPTIBILIDAD

La susceptibilidad representa la cartografía de movimientos en masa, inundaciones, heladas y sequías. Se define como la mayor o la menor predisposición a que un fenómeno ocurra en determinado espacio geográfico. La susceptibilidad no considera la recurrencia, es decir, cuándo o con qué frecuencia ocurre el fenómeno, ni su magnitud.

VULNERABILIDAD

Es la condición intrínseca de una comunidad en términos del grado de exposición y del nivel de fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino.

También se puede decir que es el grado de predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado, o de ser susceptible a sufrir un daño o de recuperarse posteriormente.

La vulnerabilidad de la población o de un bien material depende de varios factores, entre los cuales pueden destacarse su grado de exposición a una amenaza; la calidad del diseño y la construcción de las viviendas y la infraestructura; el grado de incorporación en la cultura de los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas a las cuales están expuestos; el grado de organización de la sociedad; la voluntad política de los dirigentes y de quienes toman decisiones (incluyendo las organizaciones comunitarias de base); la capacidad de los equipos de planificación para orientar el desarrollo físico, socioeconómico y cultural, teniendo en cuenta medidas de prevención y de mitigación de riesgos y las capacidades de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias.

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Proceso mediante el cual se determina el grado de susceptibilidad y predisposición al daño o pérdida de un elemento o grupo de elementos económicos, sociales y humanos expuestos ante una amenaza particular y los factores y contextos que pueden impedir o dificultar de manera importante la recuperación, rehabilitación y reconstrucción con los recursos disponibles en la unidad social afectada.

REMOCION EN MASA

Es un proceso que depende fundamentalmente de la gravedad y su acción se desencadena exclusivamente en zonas de pendientes elevadas cuando los materiales de las laderas se desplazan pendiente abajo.

Existen diferentes tipos de movimientos de remoción en masa que varían en su geometría, velocidad, contenido de agua, etc. Dentro de los más conocidos se encuentran los deslizamientos de tierra, las avalanchas y las caídas de rocas

AVALANCHA

Es un flujo violento de agua en una cuenca de un río y generalmente corresponde a flujos de tierra y rocas, con algo mayor de contenido de agua que lo transforma en un flujo de lodos que puede recorrer varios kilómetros y que es consecuencia o iniciado por terremotos de baja intensidad o por fuertes e intensas lluvias.

SISMO

Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior. Se propaga en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres. Según su intensidad puede llegar a ser un temblor o terremoto.

Es un temblor cuando la intensidad es de III, IV y V grados en la escala de Mercalli Modificada. Es un terremoto cuando la intensidad es mayor de VI y VII grados.

Un terremoto, sismo o temblor de tierra¹ es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico. Los más importantes y frecuentes se producen cuando se libera energía potencial elástica acumulada en la deformación gradual de las rocas contiguas al plano de una falla activa, pero también pueden ocurrir por otras causas, por ejemplo en torno a procesos volcánicos, por hundimiento de cavidades cársticas o por movimientos de ladera.

FACTORES DETONANTES

Son aquellos fenómenos naturales que provocan o disparan un evento.

Son aquellos factores que intervienen transitoriamente sobre la integridad del subsuelo, dando lugar a cambios en las condiciones iniciales aportadas por los factores internos. De tal forma los factores detonantes causan cambios físicos, químicos o dinámicos que determinan finalmente cambios de las fuerzas resistentes y/o motoras de un talud o ladera, o provocan modificaciones de la estructura del subsuelo. Estos cambios se manifiestan finalmente como un movimiento o desplazamiento del subsuelo, o en la ocurrencia de fenómenos de erosión superficial o subsuperficial, en cualquiera de las categorías diferenciadas anteriormente.

Los eventos o fenómenos que intervienen como factores detonantes naturales principales son: Sismo, lluvia, alta escorrentía, alta infiltración, saturación superficial, sobrecarga natural (por agua o por suelo).

MAPAS DE AMENAZAS

Los mapas de amenazas muestran las áreas expuestas a daños por la ocurrencia de eventos naturales extremos.

7. ANEXOS

Anexo 1.1 Guía metodológica para diligenciar el formulario para la evaluación de vulnerabilidad y de escenarios de afectación corporales y estructurales.

GUÍA METODOLÓGICA PARA DILIGENCIAR EL FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y DE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN CORPORALES Y ESTRUCTURALES.

Hemos partido de la elaboración de una ficha para el almacenamiento e información de cada una de las viviendas que se encuentran en la zona de amenaza alta, diseñada de una manera sencilla que haga fácil su diligenciamiento. Esto con el fin de evitar confusiones en su interpretación y facilitar su búsqueda cuando sea necesario.

A continuación se describen cada uno de los ítems que hacen parte del formulario.

Fecha y hora: Consigne en este espacio la fecha del día y la hora en que se realiza esta encuesta. Adicionalmente ingrese el nombre de la persona encuestada, el departamento y el municipio donde se ubica la vivienda. Ejemplo:

Año: 2010

Fecha: Marzo 28

Hora: 9:00 am

No Ficha: Cuando se diligencien todas las encuestas.

Nombre: Fausto Rojas.

Departamento: Valle del Cauca.

Municipio: El Cairo.

A. CONDICIONES INMOBILIARIAS

Se debe ingresar la ubicación de la vivienda, especificando la comuna, el barrio, la dirección y el número de la casa (sólo si tiene).

1. Tipo de edificación. Especificar el tipo de edificación en función del uso del suelo; bien sea que se trate de vivienda tipo casa o apartamento, centro de salud, centro educativo, centro comercial, bodega u otro.

2. Estado de la edificación. Caracterizar la edificación según su estado estructural. Para esto se definen los siguientes parámetros.

- **Buen estado.** Los elementos portantes (vigas, columnas y muros estructurales) no presentan fisuras ni grietas; tampoco se encuentra deteriorada por efectos de intemperización.



- **Regular estado.** Envejecimiento gradual de los elementos portantes con fisuras leves y descascaramiento del recubrimiento de las paredes.



- **Mal estado.** Avanzado deterioro de los elementos portantes, presentándose desniveles en toda la estructura. Agrietamiento de las paredes por acción de la intemperie.



3. Vivienda propia. Señale si los habitantes de la vivienda son los dueños de ésta. Especifique el nombre del propietario.

4. Costo aproximado. Diligenciar el valor comercial aproximado (en pesos) de la edificación. Sólo si el encuestado lo permite.

B. CONDICIONES FAMILIARES.

Caracterizar el grupo familiar según:

5. Número de personas que lo conforman.

6. Cuántas de ellas trabajan.

7. Rango de edades. Edad de cada uno de los miembros de la familia.

8. Grada de escolaridad (Último año aprobado).

9. Actividad desempeñada (actividad a la cual se dedica cada uno de los miembros del hogar).

10. Horario (Tiempo en que desarrolla dicha actividad).

C. CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN.

Identificar las condiciones intrínsecas e extrínsecas de la edificación.

11. Condición de amenaza. Indicar el nivel de amenaza (Alta, media o baja) de acuerdo con el estudio de zonificación elaborado por el proyecto MIDAS.

Edad y geometría

12. Fecha de construcción. Especificar la fecha (año) en que se terminó la construcción de la edificación.

13. Altura. Escribir cuanto mide en metros la edificación.

14. Número de pisos. Indicar cuantos niveles tiene la edificación.

Tipo de construcción.

15. Rústica. Construcciones elaboradas a partir de materiales reciclables y de origen orgánico. Se caracterizan por ser edificaciones livianas con cimientos poco resistentes. Entre éstos se encuentran los siguientes materiales: Zinc, desechos plásticos, cartón, esterilla, guadua, madera burda, bahareque u otro.

16. Mampostería. Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos tales como ladrillos, roca pulida, adobe, piedras y cantos.

17. Concreto armado. Sistema de pórticos (unión de vigas con columnas) o muros estructurales construidos en concreto reforzado con acero.

18. Material predominante de los techos. Señalar el tipo de material con el que se construyeron los tejados, que pueden ser: Paja, palma o similar, teja de barro asbesto, madera, lámina metálica, cemento y concreto.

Características de daños ocurridos.

Esta sección está diseñada para conocer los daños que ha sufrido la edificación en años anteriores, de tal forma que se pueda tener en cuenta para analizar el riesgo que tiene.

Los tipos de daños tienen diferentes categorías como:

- Falla total: Destrucción de la vivienda.
- Agrietamiento de muros
- Agrietamiento de columnas
- Asentamiento (Desniveles en la planta de la vivienda)
- Volteo (si la vivienda ha sufrido algún tipo de rotación).
- Otros que se deben especificar.

La severidad se refiere al nivel de daño que han tenido los tipos del ítem anterior y se clasifica como: Leve, moderado, dañino y destrucción total.

Anexo 2.1 Encuesta

ANEXO 2.1

FORMULARIO PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN CORPORALES Y ESTRUCTURALES

FECHA Año: Mes: Día: Hora: No. Ficha:

Nombre del encuestado: _____

Departamento: _____

Municipio: _____

A. CONDICIONES INMOBILIARIAS

Comuna No.: Barrio: Dirección: Casa No.:

1. Tipo edificación: Casa Edificio de apartamentos Centro de salud Centro educativo Centro comercial Bodega Otro – Especifique

2. Estado de la edificación: Bueno Regular Malo

3. ¿Vivienda propia? Sí No

Nombre del Propietario: _____

4. Costo aproximado: _____

Instrucciones: A continuación aparece una serie de aspectos que se deben observar y registrar durante la visita a los hogares. Consignar las observaciones en hojas anexas incluyendo cualquier conversación que mantenga con la persona que lo recibe.

D. CARACTERÍSTICAS DE DAÑOS OCURRIDOS

HA SUFRIDO DAÑOS LA EDIFICACIÓN		SEVERIDAD
TIPO DE DAÑO		
Falla total		Leve
Agrietamiento muros		Moderado
Agrietamiento columnas		Severo
Asentamiento		Destrucción total
Volteo		
Otro		

Cualquier observación o dato adicional, escribala al frente de esta tabla.



SI HA SUFRIDO DAÑOS Y PERDIDAS, DESCRIBALOS Y CUANTIFIQUELOS MONETARIAMENTE

Tipo de evento:		Fecha de ocurrencia	Año:	Mes:	Día:
DANOS Y PERDIDAS					
HUMANAS	COSTO (miles de Pesos)	MATERIALES	COSTO (miles de Pesos)		

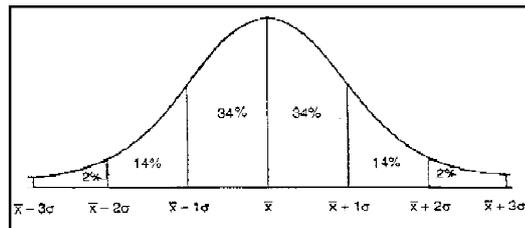
Anexo 2.2 Métodos de clasificación

Anexo 2.2 Métodos de clasificación de datos

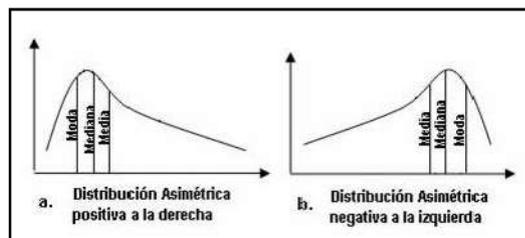
Se denomina clasificación a la división en clases (o en grupo de valores) de una serie estadística para su representación gráfica o cartográfica. La clasificación se caracteriza por conservar, lo mejor posible, la información contenida en la serie estadística, con el objetivo de transmitirla y comunicarla de la mejor manera posible. Esta información tiene relación con la forma de la distribución de los datos, lo cual determinara en cierta medida el método de clasificación a elegir.

Existen 6 tipos de distribución de datos:

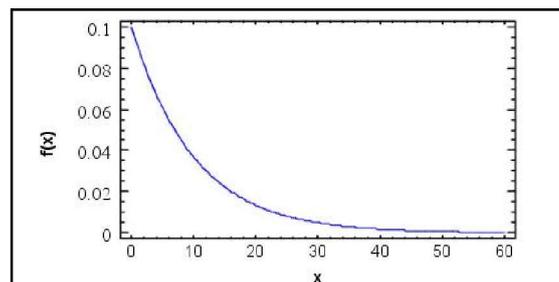
- a) *Distribución normal*: concentra un gran número de valores en las clases centrales, los cuales disminuyen progresivamente a cada lado de la media



- b) *Distribución asimétrica*: presenta una concentración de frecuencia acentuada en los valores extremos, bien sea altos o bajos.

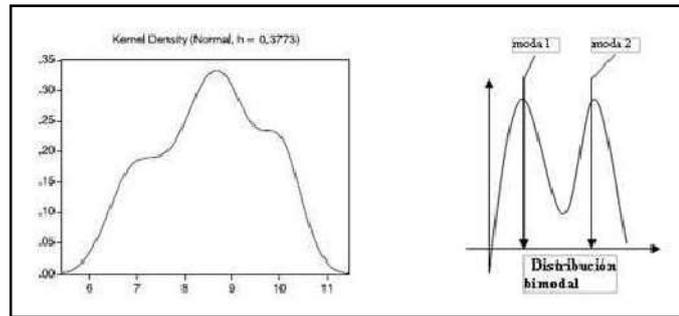


- c) *Distribución exponencial y logarítmica*: revelan un aumento o disminución exponencial de frecuencias (representación de elevada de valores altos o bajos).

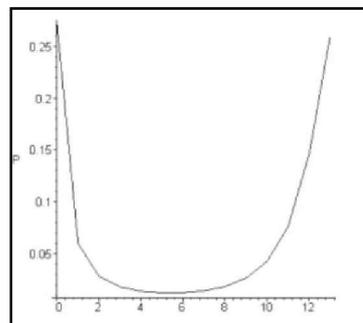


- d) *Distribuciones bi-plurimodales*: Corresponden a distribuciones donde la variable está compuesta en realidad de sub-poblaciones más o menos imbricadas. En este caso, la mayor

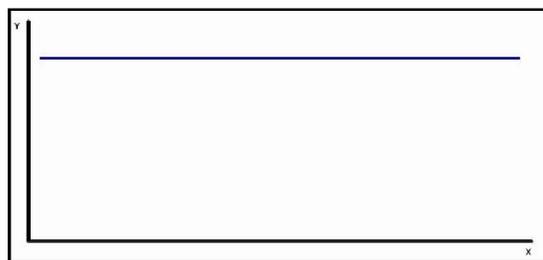
parte de los parámetros estadísticos no tienen significado ni utilidad; únicamente los gráficos permiten un correcto análisis.



e) *Distribución en forma de U*: Son poco comunes y se caracterizan por el hecho de que los valores cercanos a la media son sub-representados en relación con los valores bajos o altos.



f) *Distribución uniforme*: son distribuciones poco comunes y se caracterizan por el hecho de que todos los valores posibles de la variable tienen frecuencias iguales.



Por su parte, existen siete métodos de clasificación de los datos, descritos a continuación:

a) *Cortes naturales (Natural Breaks ó Jenks)*: Este método, muy antiguo y muy usual, se basa en las particularidades de la distribución. El módulo estadístico de ArcView calcula de manera automática las diferencias de valores entre los individuos estadísticos ordenados de forma creciente. El programa coloca un límite para separar los grupos donde las diferencias de valores son altas.

-Ventajas:

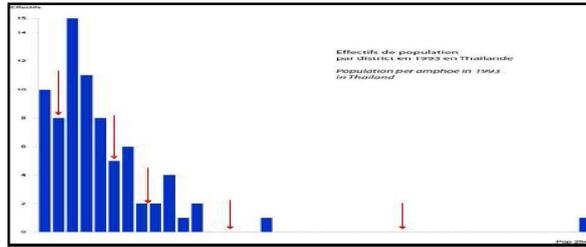
Permite tomar en cuenta las discontinuidades observables.

Solo se justifica si existen discontinuidades.

-Inconvenientes:

Esté método no permite comparaciones directas

Este método automático puede ser ajustado en base a un gráfico



b) *Quantiles*: Este método asigna a cada clase un mismo número de individuos.

Primer cálculo: $n = (\text{número total de individuos } N) / (\text{número deseado de clases})$

$n =$ número de individuos por clase.

Segundo cálculo: Cálculo de los límites de clase

Los límites de clase se determinan considerando el número de individuos definidos para cada clase en la distribución ordenada en forma ascendente. El primer límite corresponde a un valor que se escoge entre el valor tomado por el último individuo de la clase c y el valor tomado por el primer individuo de la clase $c+1$. El segundo límite corresponde a un valor que se escoge entre el valor tomado por el último individuo de la clase $c+1$ y el valor tomado por el primer individuo de la clase $c+2$, etc.

-Ventajas:

Si la serie estadística cuenta con valores *ex-aequo* (por igual), no siempre es posible obtener el mismo número de individuos en cada clase.

Si existen discontinuidades en la distribución, es difícil elegir los valores límites.

-Inconvenientes:

Este método ignora las particularidades de la distribución (los umbrales). No requiere que la distribución sea normal. Es útil para realizar comparaciones de orden pero no de valores.

c) *Intervalos iguales (Equals Intervals)*: En este método, los intervalos de clase son iguales, el cálculo se realiza de la siguiente manera: $(\text{máx}-\text{mín}) / \text{número de clases} = \text{amplitud de cada clase}$

- Ventajas:

Método simple de fácil ejecución

Satisfactorio si la distribución no es muy asimétrica

- Inconvenientes: Este método no permite realizar comparaciones ya que la amplitud global de la variable es específica a cada serie de datos.

No destaca valores característicos de la distribución

d) *Desviación estándar*: Éste método de clasificación se aplica en principio a las distribuciones normales o cercanas a la normalidad.

- Procedimiento:

Cálculo de la media y de la desviación estándar.

- 1er caso: el número de clases es impar (5 ó 7). La clase central contiene el valor de la media
- 2do caso: el número de clases es par. El valor de la media es límite de clase

Este método permite realizar comparaciones, independientemente del tamaño de las variables.

e) *Promedios sucesivos*: Este método considera a la media como centro de gravedad de la variable.
Procedimiento:

1 – Cálculo de la media de primer orden. Este valor sirve para dividir la distribución en dos subgrupos

2 – Cálculo de la media de cada subgrupo (media de 2do orden). Estos valores sirven para fijar los límites de las clases y obtener 4 clases.

3 – Eventualmente, cálculo de la media de 3er orden (para obtener 8 clases).

Ventajas e inconvenientes:

Este método es de fácil ejecución y comprensión ya que se basa en la noción simple de la media, sin embargo, obliga a definir un número de clases par (múltiple de dos)

f) *Proyección aritmética*: En este método, la amplitud de los intervalos aumenta en función de una progresión aritmética.

Procedimiento:

1 – Cálculo de la razón R
con k, el número de clases

$$R = \frac{\text{max} - \text{min}}{1 + 2 + \dots + i + \dots + k}$$

2 – Cálculo de los límites de clases :

$$[e_0; e_0 + R] \dots [e_1; e_1 + 2R] \dots [e_{k-1}; e_{k-1} + kR]$$

Ventajas e inconvenientes:

Este método se adapta bien a las distribuciones caracterizadas por una fuerte representación de valores bajos, sin embargo, se puede llegar a definir clases sin individuos.

g) *Proyección geométrica*: En este método, las amplitudes de los intervalos aumentan rápidamente en función de una progresión geométrica.

Procedimiento:

1 – Cálculo de la razón R

con k, el número de clases y n, el número total de individuos

$$\log_{10} R = \frac{\log_{10} x_n - \log_{10} x_1}{k}$$

2 – Cálculo de los límites de clase:

$$[e_0; e_0 + R] \dots [e_1; e_1 + 2R] \dots [e_{k-1}; e_{k-1} + kR]$$

Ventajas e inconvenientes:

- Se adapta bien a las distribuciones caracterizadas por una fuerte representación de valores bajos, sin embargo, se puede llegar a definir clases sin individuos.

- Este método se aplica únicamente a las distribuciones cuyo valor mínimo es superior a cero.

Anexo 3.1. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación corporales y estructurales

Anexo 3.1. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación corporales y estructurales

De acuerdo a los objetivos planteados dentro de la metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y la determinación de los escenarios de afectación, se plantea en esta fase del proyecto el levantamiento de información censal para identificar, localizar y caracterizar los elementos expuestos, tanto corporales como estructurales, en el municipio de El Cairo, asociados principalmente a fenómenos de remoción en masa.

Para ello se elaboró inicialmente un formato de encuesta, con su respectiva guía para el diligenciamiento (Ver anexo); tal formato tiene como propósito la recopilación y almacenamiento de información predial y socioeconómica, en los sectores o áreas expuestas a los niveles de amenaza alta y media, principalmente.

El formato de encuesta plantea tres parámetros principales para evaluación monitoreada de los elementos expuestos en las áreas de estudio, con sus correspondientes variables:

- A. *Condiciones Inmobiliarias*: Se plantea como un acercamiento inicial a las condiciones de la vivienda; se debe especificar la localización, el tipo y estado de la edificación, la propiedad y el avalúo.
- B. *Condiciones Familiares*: Se estudia con la necesidad de plantear escenarios de afectación; se debe especificar número de habitantes por vivienda, horario de permanencia en la vivienda, entre otras variables sociales del mismo tipo.
- C. *Condiciones de la Edificación*: Se evalúa las condiciones estructurales de la vivienda, el tipo de construcción; se debe especificar tiempo de la construcción, altura, número de pisos, y material predominante en paredes exteriores y en techos.

Para el levantamiento de la información y el diligenciamiento del formato de encuesta se elaboró un manual metodológico que plantea las diferentes actividades a realizar en la visita:

1. Realizar la inspección ocular del predio identificando su estructura física y estado de conservación.
2. Entrevistar una persona adulta o un informante idóneo, para diligenciar el formato de encuesta socioeconómica. Igualmente solicitar permiso para ingresar al predio.
3. Realizar, sobre el plano de manzana, un boceto de cada uno de los predios reconocidos.
4. Consignar en el plano el número de manzana, el número de predio y la placa.
5. Diferenciar entre las distintas unidades de construcción según sea su tipo: Residencial (R), Comercial (C), Financiero (F), Industrial (I), Baldío (B), Depósitos y Parquederos (DP) e Institucionales y Dotacionales (ID).

La recopilación de la información física del predio y socioeconómica de sus habitantes se realizará mediante una inspección ocular y una entrevista directa.

La identificación predial se plantea mediante un reconocimiento de cada uno de las viviendas dentro de las manzanas, en diferentes sectores del municipio donde se estimó inicialmente la amenaza. A continuación se referencia el orden y recorrido a utilizar en el reconocimiento e identificación de las viviendas (Figura 1).

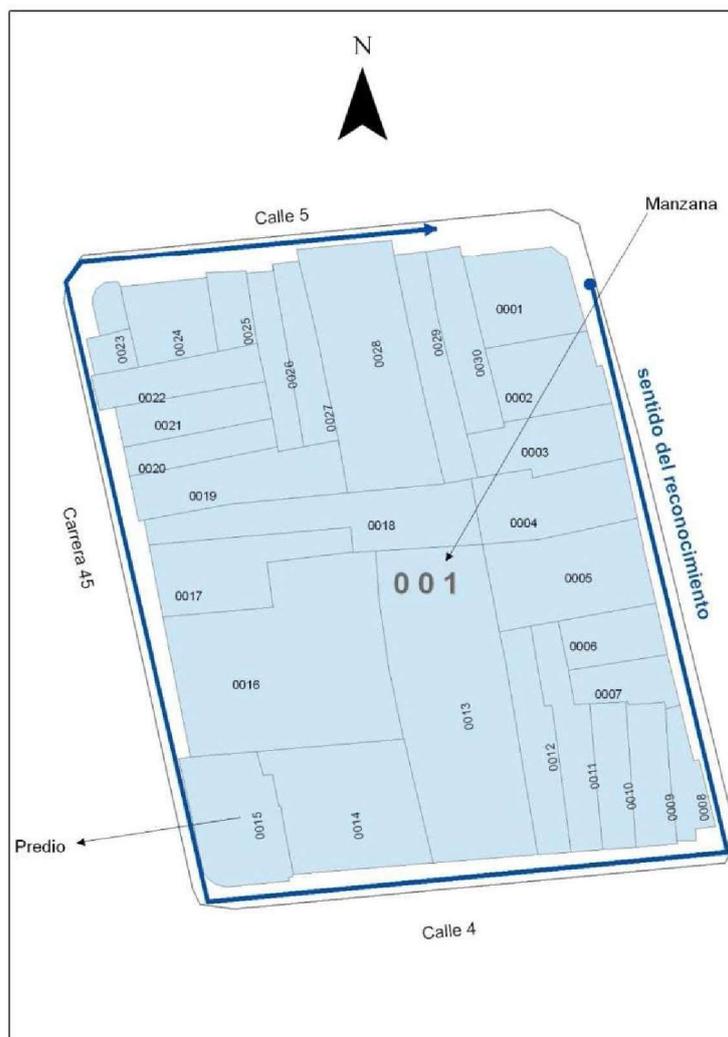


Figura 1. Esquema del recorrido y sentido del reconocimiento a nivel predial por manzana.

La visita de campo estuvo integrada por una comisión de tres reconocedores pertenecientes al grupo de Vulnerabilidad, en este caso corresponde al Geógrafo Contratista Andrés Felipe Torres y dos monitores de investigación, Nathaly de los Ángeles Mazo y Carolina Mosquera Antury.

Los sectores definidos para el levantamiento del censo corresponden a las manzanas localizadas en proximidades del perímetro urbano del Municipio, dada la ubicación de las viviendas en suelos susceptibles a deslizamientos, cuyas pendientes son más pronunciadas,

que, según estudio precedente dentro de este proyecto, han sido evaluadas como de amenaza alta y media.

Además cabe resaltar que las manzanas que no se encuentran definidas bajo los sectores mencionados, dada su ubicación en la zona plana del área urbana y su definición preliminar como zona de amenaza baja, se procedió a la evaluación por muestreo para indicar su vulnerabilidad, y se realizaron de 2 a 3 encuestas por manzana.

A continuación se expone el mapa por sectores (Figura 2), cada uno asignado a los miembros de la comisión de campo. Para el diligenciamiento del formato se tomó en cuenta la codificación por manzana que registra la oficina de Catastro, para el reconocimiento predial.

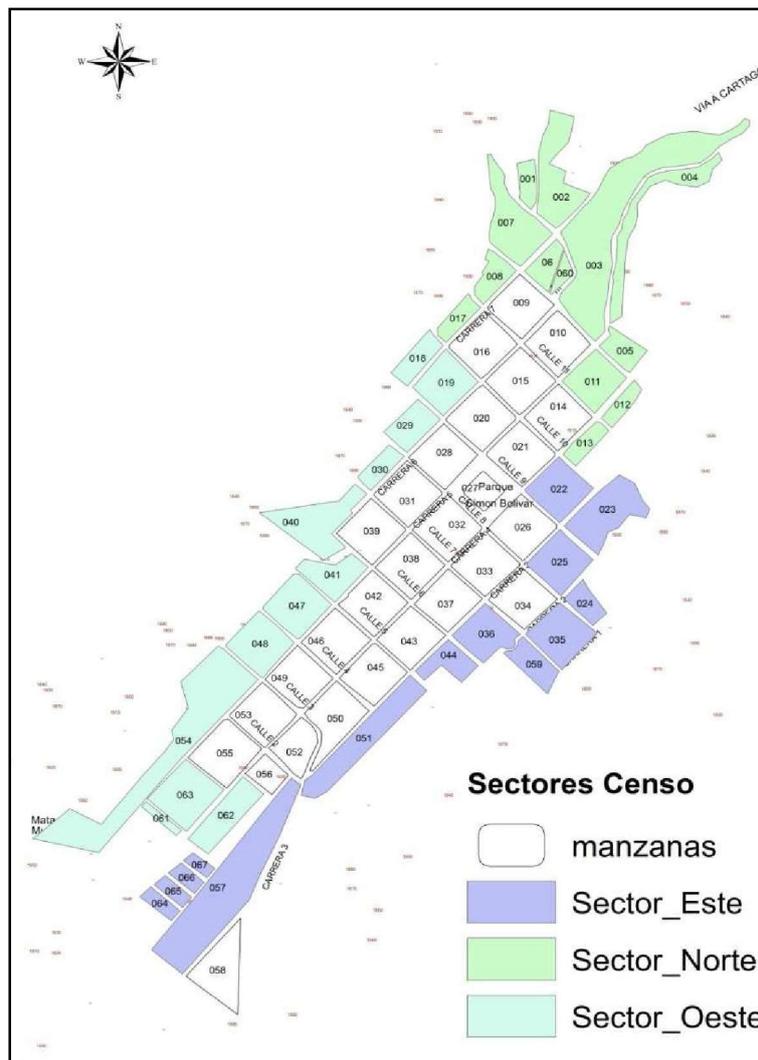


Figura 2. Mapa por sectores para el levantamiento del censo.

La realización de la visita de campo a la cabecera municipal de El Cairo, se llevó a cabo los días 11 al 14 de marzo, cada miembro procedió a levantar la información predial y socioeconómica, y con las observaciones en el sitio, se establece una primera caracterización de los lugares que puedan presentar problemas o falencias relacionadas a la vulnerabilidad. Estas falencias principalmente se hacen evidentes con las observaciones acerca del estado de las estructuras y sus posibles causas.

Se realizaron parcialmente 96 encuestas en el sector Oeste, 53 en el sector norte y 117 en el sector Este y Centro, para un total de 266 encuestas.

Las observaciones realizadas en campo permiten caracterizar la población en caso de presentarse un evento, en función del número de personas por vivienda que podrían verse afectadas, el tipo de sistema estructural empleado y el estado físico de la vivienda.

De acuerdo a la información censal, se encontraron daños en algunas viviendas, las cuales están siendo afectadas por los movimientos de masa y las condiciones de inestabilidad del terreno o por movimientos sísmicos del pasado. En tal sentido, los daños se concentran principalmente en dos barrios: El Crucero y Belisario, localizados al noroccidente y occidente del Municipio.

El material que predomina para la construcción de las viviendas, las cuales varían entre uno y dos pisos, es el bahareque, las cubiertas son en teja de barro y lamina de zinc. El estado de las viviendas se encuentra entre bueno y regular. En las fachadas se observa recubrimiento en material de cal, y en algunas ocasiones en mortero, cabe resaltar que algunas de estas sufren proceso de descascaramiento (Foto 1), que en algunos casos guarda relación con el tiempo de construcción de estas, superando los 30 años.



Foto 1. Descascamiento muro de fachada. Barrio La Culebra

En términos generales, se observan grietas por flexión y en algunos casos por cortante, en elementos estructurales y no estructurales. Las fallas por flexión se manifiestan mediante pequeñas y medianas fisuras en las esquinas de muros y losas, en donde se aprecia la disipación y remoción de material.

Una obra que ha sido diseñada de forma inadecuada, significa para los ocupantes de la misma un riesgo para su integridad. En particular, resulta preocupante el hecho de que actualmente las cargas de servicio superan la resistencias de los muros (Foto 2), lo cual se refleja en el tamaño de las grietas, enfatizadas por la utilización de un material como es el ladrillo, susceptible a pequeñas deformaciones, que permite observar la problemática que allí se presenta, siendo necesaria la rehabilitación de la vivienda o la reubicación de los ocupantes de la misma.



Foto 2. Agrietamiento por flexión del muro de mampostería. Vivienda Barrio Belisario

En contradicción con lo planteado en la norma NSR-98, la Institución Gilberto Álzate Avendaño (Foto 3), estructura de ocupación especial, presenta deficiencias en su diseño y construcción. La edificación ubicada en las manzanas 06 y 60, en donde se encuentra el aula máxima, no posee vigas de confinamiento. En cuanto a los salones de estudiantes, localizados en la manzana 09, se encuentran diversas patologías: eflorescencias, agrietamiento en columnas, losa de entrepiso y vigas de confinamiento.



Foto 3. Agrietamiento por flexión de la losa de entresuelo y columna, en concreto. Equipamiento Barrio El Crucero

Un gran número de viviendas observadas, en los barrios anteriormente mencionados y el Centro del Municipio, presentan daños por irregularidades en su proceso constructivo. Es habitual encontrar grietas debido a la utilización de diferentes materiales o inadecuados apoyos, es decir, no existe unión entre los elementos utilizados como soporte (columnas) de y la losa (Foto 4).



Foto 4. Agrietamientos en el muro de mampostería por deflexión de la losa. Falta de continuidad en los elementos de soporte y mala cimentación de los mismos. Vivienda Barrio El Crucero, fachada posterior.

Dentro de las observaciones realizadas en la visita se encontraron, además, grietas en las losas de entrepiso que guarda correspondencia con un proceso de desestabilización del terreno; lo cual se apoya en el testimonio de algunos habitantes de los barrios mencionados, quienes afirman que los suelos de estos sectores poseen poca compactación por haber sufrido en el pasado acumulación de material sobrante de la construcción del Municipio mismo. Además, resaltaron los daños ocurridos durante un evento sísmico en años pasados, que ocasionaron el volcamiento y fracturas de los muros de cerramiento de algunas viviendas ubicadas en distintos sectores de El Cairo.

Los resultados obtenidos en las encuestas se compilan en una base de datos espacial (ver figura 3), a partir de la cual se generaran los mapas de la vulnerabilidad estructural y corporal.

La digitalización de la información se realizó directamente en una Geodatabase, en el programa Arc Gis 9.3, la cual está asociada a los predios para luego determinar la vulnerabilidad a nivel de manzana, con el promedio de los valores registrados a nivel predial.

Figura 3. Esquema del recorrido y sentido del reconocimiento a nivel predial por manzana.

Manzana	No. viv	Dens. Hab. D	Dens. Hab	Ilum. Pisos	Avallio	Dens. Viv	Area	It
D01	1	26,6678119196	26,6678119196	2	5925000	6,6666529789	0,149930593229	
D02	16	27,1921737742	33,5902364659	1	12117000	25,5926366469	0,625179757357	
D03	23	10,5575980012	13,2344975014	1	7990000	12,1757377013	1,06900259365	
D04	15	4,06593426673	6,14975140039	1	3050000	30,7487570005	0,46782459726	
D05	5	15,1552209865	38,310441993	1	3754000	23,9440262457	0,206320352463	
D07	5	25,7442627764	30,5713417344	1	17938000	22,6352918049	0,621497052442	
D08	9	104,189159028	131,369398645	1	18827000	40,7688705242	0,230752333683	
D09	19	61,5708677885	85,7768366599	2	52688000	43,3275617271	0,438518932726	
D10	19	33,6347688488	63,815626638	1	10119000	42,6040377551	0,445987119577	
D11	13	70,1345827665	91,9005008934	2	31197000	31,4396450333	0,413490673519	
D13	3	24,5693020966	49,1366101912	2	3992000	18,4262286217	0,162811393966	
D12	5	7,10293883918	7,10293883918	1	1277000	35,5146941958	0,14078679581	
D17	13	162,710093941	197,576536271	1	27371000	75,5439705154	0,172095209598	
D18	3	42,808456224	54,6010762466	2	6336000	11,7002306243	0,256405202265	
D19	14	55,3032499328	78,3462707382	1	36596000	32,2662291275	0,433970679273	
D22	15	52,3791222527	85,1160736806	1	76609000	32,7388914079	0,45819782707	
D23	3	4,80578447241	4,80578447241	2	12000000	4,80578447241	0,61152239327	
D24	5	67,5331687419	80,0442249892	1	9031000	28,1386203091	0,17769046268	
D25	14	49,94598217	74,9189732551	1	34503000	31,7838068355	0,440479671014	
D27	0	0	0	0	0	0	0,177936328462	
D29	9	41,6284680762	72,8498156334	1	24957000	31,2213495572	0,288284284781	
D30	7	11,3675875628	22,7351953857	1	1439000	39,7689189	0,175938689488	
D35	17	84,4508662655	112,269290896	1	28814000	35,3440234302	0,480986653033	
D36	12	50,4630672933	88,9216723738	1	34624000	28,8394613104	0,416036637686	
D39	12	36,8854262328	65,0916286461	5	57038000	26,0387714686	0,460886635624	
D40	5	3,16536389473	7,93303971183	2	14176000	7,93303971183	0,631341455069	
D44	10	55,1356485963	61,2523944195	2	62010000	29,0157067202	0,3448322716	
D44	16	80,1333839668	82,2045004687	1	16921000	84,1422811542	0,248445524715	
D51	14	16,1954080946	23,3833843589	1	5637000	25,182863925	0,555713141579	
D52	10	15,6227899699	31,2455979317	1	4527000	31,2455979317	0,32004503953	
D54	64	72,42309154195	107,720994736	1	31954000	39,6214785204	1,61528950661	
D55	14	1,93489188439	1,93489188439	1	1032000	27,0848483514	0,518824795968	
D56	8	5,57033137034	7,42777596045	2	2789000	14,8555315209	0,538519204308	
D63	3	24,1081211223	41,3282076381	2	2562000	37,884190336	0,280358857682	
D66	23	732,09992943	9,6541294136	2	49929000	6,6992903561	0,989239952349	

8. MAPAS

Mapa 3.1 Zonificación de la vulnerabilidad global
Mapa 3.2 Zonificación de la afectación