

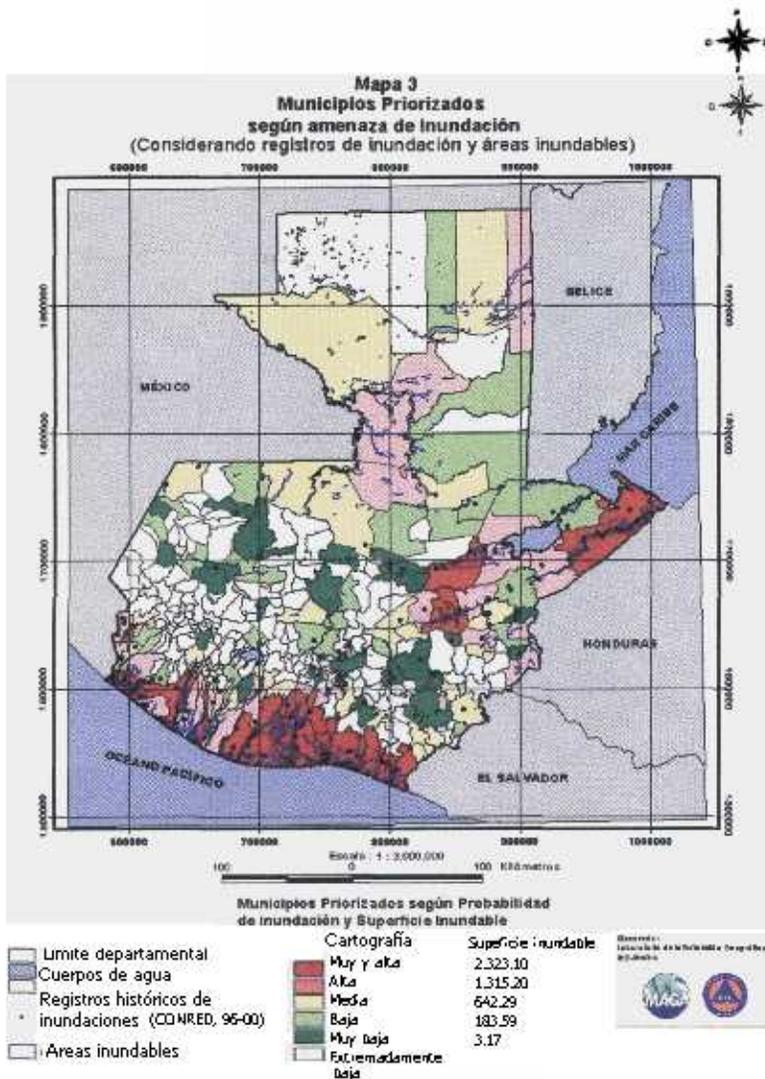
Cuadro 15
Estimación de indicadores de vulnerabilidad habitacional
con diversas configuraciones de habitantes

Tipo de hogar	Características específicas (paredes, techos)	Estimación numérica del indicador de vulnerabilidad
Hogar con un jefe de hogar masculino, adulto, con 2 adultos y 2 niños en la vivienda	Sexo del jefe del hogar: masculino Tipo de jefe del hogar: adulto Relación adulto/niños: 2/2	18
Hogar con un jefe de hogar femenino, adulto, con 2 adultos y 2 niños en la vivienda	Sexo del jefe del hogar: femenino Tipo de jefe del hogar: adulto Relación adultos/niños: 2/2	24
Hogar con un jefe de hogar masculino, adulto, con 2 adultos y 6 niños en la vivienda	Sexo del jefe del hogar: masculino Tipo de jefe del hogar: adulto Relación adultos/niños: 2/6	38
Hogar con un jefe de hogar masculino, anciano, con 2 adultos y 6 niños en la vivienda	Sexo del jefe del hogar: masculino Tipo de jefe del hogar: anciano Relación adultos/niños: 2/6	54
Hogar con un jefe de hogar femenino, adolescente, con 1 adulto y 4 niños en la vivienda	Sexo del jefe del hogar: femenino Tipo de jefe del hogar: adolescente Relación adultos/niños: 1/4	52
Hogar con un jefe de hogar femenino, anciano, con 1 adulto y 4 niños en la vivienda	Sexo del jefe del hogar: femenino Tipo de jefe del hogar: anciano Relación adultos/niños: 1/4	60

En la matriz anterior puede observarse que las familias donde los jefes de hogar son ancianos o adolescentes son más vulnerables, de acuerdo con el modelo propuesto. Sin embargo, al igual que en los casos anteriores, la base de datos actualmente disponible no permite identificar las combinaciones que se han presentado en el cuadro 15, sino solamente categorizar de forma general todos los hogares de una comunidad. Por este motivo, se debe crear un proceso que permita generar la información necesaria a través de encuestas. La formulación de las mismas puede hacerse según a los diferentes enfoques de investigación social, pero como resultado de las mismas siempre nos será imprescindible conocer los parámetros; sexo del jefe del hogar, tipo de jefe del hogar y relación adultos frente a niños y ancianos.

3.3 Inundaciones

Estos eventos se presentan mayormente en las planicies de inundación situadas en las riberas de los ríos. En Guatemala, las zonas inundables se localizan en el litoral del Pacífico, así como en las zonas bajas de los ríos Motagua, Polochic y Chixoy. El riesgo en muchos casos se manifiesta cuando familias se asientan en dichas planicies, de tal manera que edifican viviendas vulnerables.



3.3.1 La amenaza asociada con inundaciones

Con información sobre eventos históricos y utilizando imágenes satelitales e información geográfica, el Programa de Emergencias por Desastres del MAGA (PED-MAGA) ha elaborado un mapa de inundaciones a nivel municipal para todo el país basado en modelos de elevación digital, información histórica de eventos e información hidrológica sobre las diversas cuencas de acuerdo con estudios previos llevados a cabo por INSIVUMEH. Este mapa se ha elaborado como una primera aproximación a falta de estudios más detallados, empleando para ello la información disponible sobre lugares inundados en el pasado. Sin embargo, debe considerarse que esta información no es completa, debido a la existencia de lugares que se sabe sufren inundaciones, pero de los cuales no se tienen reportes oficiales por su lejanía o inaccesibilidad.

En estos casos se recomiendan estudios hidrológicos e hidráulicos de las cuencas susceptibles de inundación para caracterizar mejor estos entornos y, de esta forma, las amenazas que puedan asociársele, considerando las peculiaridades de valorización y exposición que se proponen para este tipo de fenómenos.

3.3.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con inundaciones

En este caso, y tomando como referencia los daños experimentados por las viviendas durante el huracán Mitch, se han deducido factores que hacen más propensas a las viviendas de una comunidad a sufrir los impactos de una inundación. No obstante, se debe notar que la mayor vulnerabilidad está asociada con la altura a la cual se encuentran el piso, las letrinas y los depósitos de agua en las viviendas, dado que la vulnerabilidad de las viviendas está directamente relacionada con la altura que ésta posee con respecto al nivel del río. Una vivienda construida de tal manera que su piso esté muy elevado respecto al río, no será vulnerable; mientras que una vivienda con el piso muy bajo sí lo será. De manera similar, una vivienda de dos niveles es menos vulnerable que una vivienda de un solo nivel, pues en caso de inundación se puede



de agua en las viviendas, dado que la vulnerabilidad de las viviendas está directamente relacionada con la altura que ésta posee con respecto al nivel del río. Una vivienda construida de tal manera que su piso esté muy elevado respecto al río, no será vulnerable; mientras que una vivienda con el piso muy bajo sí lo será. De manera similar, una vivienda de dos niveles es menos vulnerable que una vivienda de un solo nivel, pues en caso de inundación se puede

utilizar el nivel superior para seguir habitando el inmueble. Sin embargo, esta información no se encuentra disponible en los datos que suministra el INE, por lo cual se hace necesario en el futuro identificar estos parámetros dentro de los censos que se realicen específicamente en este tipo de estudio, en particular aquellos que se refieren a:

- La altura de los pisos para determinar el grado de vulnerabilidad de las viviendas.
- El número de pisos de la vivienda.

El cuadro 16 presenta los indicadores de la vulnerabilidad en caso de inundaciones.

Cuadro 16
Pesos para evaluar el indicador de vulnerabilidad física-estructural-inundaciones

Vulnerabilidad	Variables	Peso comp.	Peso opción
Vulnerabilidad estructural de las viviendas	Materiales de construcción para sus componentes:		
	Paredes	10	
	adobe o bajareque		10
	block, concreto o ladrillo.....		1
	madera, lepa, palo o caña.....		5
	lámina metálica u otro material.....		5

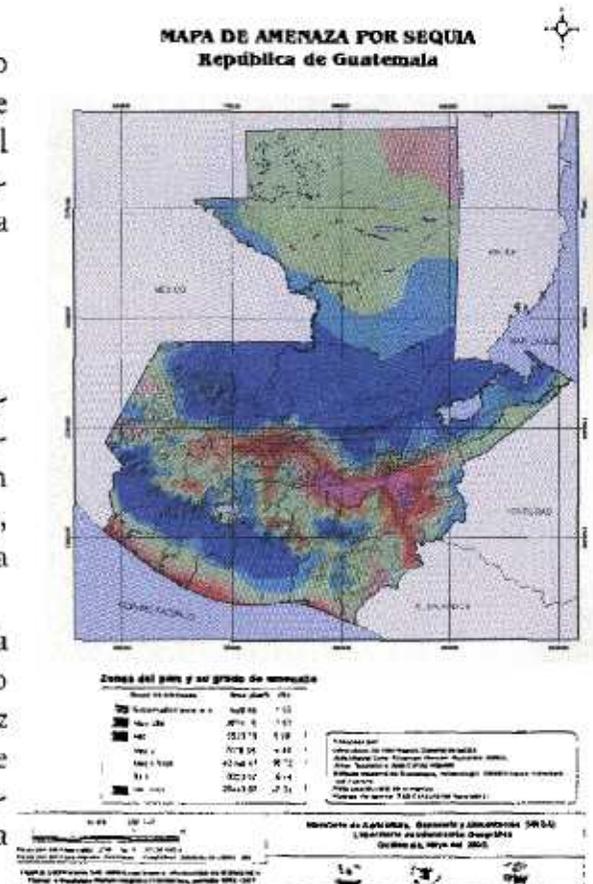
3.4 Sequía

Opuesta a las inundaciones, la sequía es un fenómeno poco comprendido y en cierta manera mal interpretado cuando se compara con otras regiones del mundo, como los desiertos del Sahara o Atacama. La sequía debe ser entendida como una condición de carencia de agua, ya sea para usos humanos como para usos agrícolas e industriales.

3.4.1 La amenaza por sequía

El fenómeno de sequía no es suficientemente conocido en Guatemala. En los últimos años se ha asistido a un periodo de variabilidad climática que se manifiesta en una excesiva prolongación del periodo de canícula y en precipitaciones muy irregulares, lejos, por tanto, de sequías históricas como la ocurrida en la costa sur en los años 40 del pasado siglo.

En la actualidad se cuenta con un mapa para caracterizar la amenaza por sequía, también elaborado por el PED-MAGA. Dicho mapa se ha realizado con la unificación de dos parámetros: aridez y la probabilidad de ocurrencia de sequías. Como se observa, existe una zona de extremadamente alta amenaza que comprende regiones de los departamentos de El Progreso, Zacapa y una pequeña



fracción de Chiquimula, la cual se ha presentado con un color rosado. En general, se puede concluir que la sequía se manifiesta mayormente en la zona oriental del país, así como en la región costera del Pacífico.

3.4.2 La vulnerabilidad asociada con la sequía

La sequía tiene sus primeros impactos en lo que se refiere a la agricultura, y dentro de la agricultura se conoce de especies con distinta capacidad de resistencia a la falta de agua. En tal sentido, se debe hacer una caracterización de la sequía inicialmente de acuerdo

con los mapas de uso de suelo, los cuales deben ser actualizados con frecuencia. Sin embargo, en la actualidad los datos de los censos del INE no presentan dicha información. Así, pues, la única vulnerabilidad que se puede asociar con la sequía con estos datos es la de tipo habitacional que se presentó con anterioridad en el caso de los sismos.



3.5 Deslizamientos

Los deslizamientos o derrumbes son fenómenos muy puntuales que deben ser caracterizados de manera precisa. Como se ha comentado en capítulos anteriores, los deslizamientos son disparados por sismos o por lluvias torrenciales. Sin embargo, la dinámica de tales fenómenos es tan compleja que se requiere del uso de expertos en la materia para su caracterización.

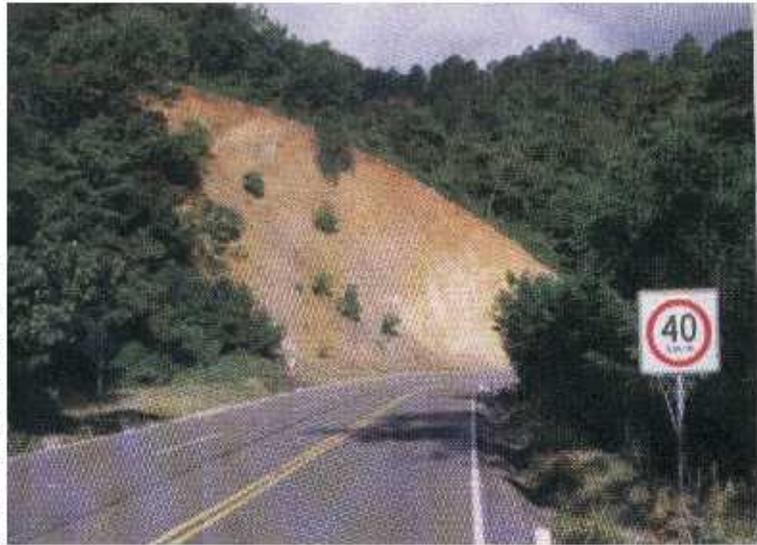
3.5.1 Amenaza asociada a deslizamientos

En la actualidad se cuenta con varios mapas para representar dicha amenaza, uno elaborado a escala municipal por el PED-MAGA; otro para el valle de la ciudad de Guatemala a escala 1:100,000, elaborado por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI); y finalmente mapas a escala 1:10,000, elaborados por el INSIVUMEH y la CONRED para un grupo específico de asentamientos del distrito metropolitano. Las metodologías empleadas son muy similares en todos los casos, aunque la precisión varía de una fuente a otra. Los expertos de diversas instituciones indican que para caracterizar esta amenaza es necesario considerar los siguientes elementos:

- Condiciones naturales:
 - pendiente
 - suelo/geología
- Mecanismos de disparo:
 - hidrometeorológicos
 - sísmicos
 - antrópicos

- Uso actual de suelos y condiciones particulares tales como:
 - cobertura vegetal
 - manejo de aguas pluviales y servidas
 - redes de drenaje

Es importante mencionar que las amenazas por inundación y deslizamiento se ven afectadas drásticamente según el uso dado a los suelos para agricultura y asentamientos humanos. La modificación en los usos de suelo puede alterar el comportamiento geográfico de un deslizamiento, por lo cual se debe manejar con sumo cuidado la información de estas amenazas en el ámbito de una comunidad o un municipio.



3.5.2 Indicadores de vulnerabilidad asociados a deslizamientos

A diferencia de las inundaciones, los deslizamientos pueden ocasionar daños masivos a las viviendas, como lo han demostrado recientemente los deslizamientos ocurridos en Santa Tecla (terremoto de El Salvador de 2001) y deslizamientos menores en Guatemala (Senahú, Tactic, 2001; El Porvenir, 2002). La fuerza del flujo de materiales (lodo y rocas) puede ser tan potente que derrumbe paredes de cualquier tipo. Sin embargo, se considera que para eventos de menor magnitud, las viviendas con paredes de ladrillo o block tienen una mayor resistencia y, por lo tanto, son menos vulnerables que casas con otro tipo de paredes tales como las de bambú, madera o lámina. También se han incluido los techos para ponderar el nivel de años que ocasionarían en caso de que colapsen total o parcialmente.



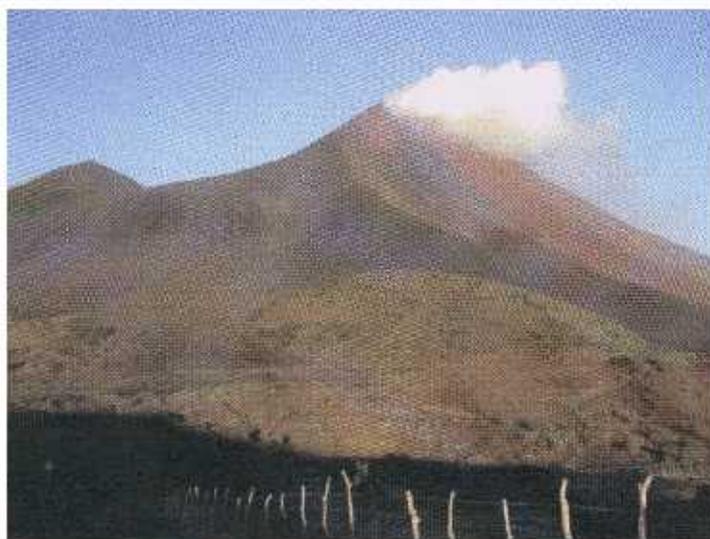
Cuadro 17
Pesos numéricos para estimar la vulnerabilidad física-estructural para deslizamientos

Vulnerabilidad	Variables	Peso comp.	Peso opción
Vulnerabilidad estructural de las viviendas	Materiales de construcción para sus componentes:		
	Piso.....	1	
	Ladrillo o cemento.....		1
	Torta de cemento o barro.....		1
	Madera.....		3
	Tierra.....		7
	Paredes.....	6	
	adobe o bajareque.....		6
	Block, concreto, o ladrillo.....		2
	Madera, lepa, palo o caña.....		3
	Lámina metálica u otro material.....		3
	Techo.....	3	
	Concreto.....		2
	Lámina metálica, asbesto-cemento.....		3
Paja, palma o similar.....		3	
Teja.....		7	

Al igual que en los ejemplos ya presentados, la evaluación de la vulnerabilidad estructural a deslizamientos se ejecuta mediante el producto de los pesos respectivos. Por ejemplo, para una vivienda que tiene piso de torta de cemento (peso del piso = 1, peso de la opción ladrillo = 1); pared de block (peso de pared = 6, peso de la opción block = 2) y techo de teja (peso de techo = 3, peso de la opción teja = 7) se obtiene la siguiente vulnerabilidad:

$$V = 1 \times 1 + 6 \times 2 + 3 \times 7 = 1 + 12 + 21 = 34$$

Tomando como base los pesos de los componentes y los pesos de las diversas opciones para cada uno de éstos, es posible generar valores para cada una de las vulnerabilidades que presentan las viviendas. De esta manera, se puede entonces construir mapas que integren las vulnerabilidades para poblados, los cuales a su vez se pueden integrar con las amenazas para deducir así zonas de riesgo.



3.6 Caída de ceniza en caso de erupciones

El fenómeno de erupción abarca varios subfenómenos con capacidad destructiva. Entre éstos se mencionan los ríos de lava, los lahares, los colapsos de conos o edificios volcánicos, las nubes ardientes, los flujos piroclásticos y las nubes de ceniza.

3.6.1 Amenaza

En la actualidad se dispone de mapas para caracterizar la amenaza provocada por los volcanes Fuego, Acatenango, Pacaya y Agua. En el caso del volcán Pacaya se cuenta con información en torno a caída de materiales, flujos de

lava, lahares (flujos de lodo), flujos piroclásticos y colapsos de edificio volcánico; mientras que en el caso de los volcanes Fuego y Acatenango se dispone de información en torno a lahares, nubes ardientes, avalanchas, flujos de lava y flujos piroclásticos.

Para el caso del volcán Pacaya, personal estadounidense del USGS y del sector académico, apoyado por el INSIVUMEH, ha elaborado mapas de amenaza a escala 1:150,000. Tales mapas cuentan con la suficiente precisión para ser válidos a escala municipal y, con ciertas limitaciones, a nivel comunitario, pero sólo para algunos tipos de subamenazas.

En el caso del volcán de Fuego, los mapas se encuentran a escala 1:50,000, lo que permite identificar municipios y poblados. Sin embargo, al igual que en el caso de los sismos, se debe tener cuidado al interpolar la información hasta el nivel local, dado que los límites de las zonas de amenaza son solamente interpretativos y no precisos.

3.6.2 Indicadores de vulnerabilidad estructural asociados con caída de ceniza en caso de erupciones

En este caso, la vulnerabilidad refleja lo propensa que está una estructura de colapsar debido a la acumulación de ceniza en el techo más allá de sus capacidades. La acumulación obedece primordialmente a un factor: la inclinación. Un techo altamente inclinado es capaz de evacuar la ceniza directamente al suelo, de tal manera que no se presenta la posibilidad de acumulación. En contraste, en un techo de baja inclinación se puede acumular tanta ceniza que el techo colapse. Desafortunadamente, los datos de los censos no recopilan información sobre el tipo de techo, sino solamente sobre los materiales de construcción empleados. En tal caso se presenta la siguiente tabla para caracterizar la vulnerabilidad estructural.

Cuadro 18
Pesos numéricos para estimar la vulnerabilidad estructural por caída de ceniza en caso de erupciones

Vulnerabilidad	Variables	Peso comp.	Peso opción
Vulnerabilidad estructural de las viviendas	Materiales de construcción para sus componentes:		
	Paredes.....	3	
	adobe o bahareque, block, concreto, o ladrillo.....		1
	madera, lepa o palo.....		3
	lámina metálica u otro material.....		6
	Techo.....	7	
	concreto.....		1
	lámina metálica,.....		7
	asbesto-cemento, paja, palma o similar.....		6
	teja.....		3
otro.....		10	

Como se observa, se ha asignado un peso de 70% a los techos y uno de 30% a las paredes. Además, se ha propuesto que los techos de lámina, teja y asbesto-cemento, paja, palma o similares sean altamente vulnerables. En lo que respecta a las paredes, se asigna la mayor vulnerabilidad a las paredes hechas de lámina metálica u otro material debido a su baja capacidad de resistir pesos asociados con las cenizas acumuladas en los techos.

3.7 Fuertes vientos

3.7.1 La amenaza asociada con los fuertes vientos

La amenaza por fuertes vientos no está del todo bien caracterizada. En lo que respecta a vientos fuertes se propone un modelo de amenaza que involucra tres factores:

1. Elevación sobre el nivel del mar.
2. Orientación geográfica del terreno.
3. Cobertura boscosa.

Se ha observado que los mayores vientos predominan en los conos de los volcanes, por lo cual se propone que la amenaza sea mayor conforme aumenta la altura. Además, la orientación del terreno puede jugar un papel importante sobre todo respecto a los vientos predominantes en una zona. Finalmente, se considera que la cobertura boscosa puede de alguna forma reducir el impacto de los vientos, por lo cual también se incluye entre los factores a ser empleados para caracterizar la amenaza. No obstante, para efectos prácticos, aún no se ha generado en Guatemala un mapa a escala regional sobre la amenaza asociada con fuertes vientos.

3.7.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con fuertes vientos

En el caso de fuertes vientos, la solidez o debilidad recae sobre la inercia, la masa de la vivienda. Una vivienda con mucha área, pero poca masa o escasa solidez será muy vulnerable, mientras que una de mucha masa, como la de block, con techo de teja, representa el caso de una vivienda poco vulnerable. Como se ha detectado durante la presencia de fuertes vientos, los impactos se notan mayormente en los techos y de menor manera en las paredes. Aquellos techos de lámina o plástico que poseen poca inercia pueden salir volando, mientras que los que están bien sujetos al artesonado, ya sea de madera o de cemento, son bastante resistentes. De manera similar, aquellas paredes que son de alto peso, como las de block o las de ladrillo, están poco influenciadas por los vientos fuertes, no así aquellas con paredes de lámina, cartón o plástico. A continuación se presenta un cuadro que muestra los pesos utilizados para la generación de indicadores de vulnerabilidad física-estructural respecto a fuertes vientos.

Cuadro 19
**Pesos numéricos para estimar la vulnerabilidad física-
estructural respecto a fuertes vientos**

Vulnerabilidad	Variables	Peso comp.	Peso opción
Vulnerabilidad estructural de las viviendas	Materiales de construcción para sus componentes:		
	Paredes.....	3	
	Adobe o bahareque, block, concreto, o ladrillo.....		1
	Madera, lepa o palo.....		3
		6
	Techo.....	7	
	Concreto.....		1
	Lámina metálica.....		7
	Asbesto-cemento, paja, palma o similar.....		6
	Teja.....		3
Otro.....		10	

Como se observa, se ha asignado un peso de 70% a los techos y uno de 30% a las paredes. Además, se ha propuesto que los techos de lámina, asbesto-cemento, paja, palma o similares sean muy vulnerables. En lo que respecta a las paredes, se asigna la mayor vulnerabilidad a las paredes hechas de lámina metálica, cartón o plástico, debido a su baja capacidad de resistir el efecto de los vientos. Tomando como base estos parámetros y sus pesos respectivos, se puede representar este tipo de indicador de vulnerabilidad asociado con diversos tipos de viviendas de la siguiente manera:

Cuadro 20
**Indicadores de vulnerabilidad para viviendas de
varios tipos respecto a fuertes vientos**

Tipo de vivienda	Características específicas (paredes, techos)	Estimación numérica de vulnerabilidad
Vivienda de paredes de ladrillo con techo de lámina	Pared: ladrillo Techo: lámina	52
Vivienda de block con techo fundido de concreto	Pared: block Techo: concreto	10
Vivienda de lepa con techo de palma	Pared: lepa Techo: palma	51
Vivienda de pared de adobe con techo de lámina	Pared: adobe Techo: lámina	67

Como se observa, en este caso el modelo propone que las viviendas con techos livianos son más vulnerables. La menor vulnerabilidad se manifiesta para el caso de viviendas con paredes de block o ladrillo y techos fundidos de concreto, que por su alta inercia no son afectadas por los vientos fuertes.