

CIMDEN



Villa Tek

*Ciencia y Tecnología
para el Desarrollo
Sostenible de
América Central*

Serie:
Aportes para el
Desarrollo Sostenible



Dr. Juan Carlos Villagrán de León

CIMDEN-VILLATEK

El Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales, CIMDEN, es una organización técnico-científica dedicada al estudio de la problemática asociada a los desastres naturales, teniendo como meta la sistematización de las causas que dan lugar a tales desastres para proponer e implementar medidas que tiendan a reducir los impactos en las sociedades urbanas y rurales de América Central.

Reconociendo la necesidad de brindar un aporte conceptual para el entendimiento de las causas de los desastres, CIMDEN-VILLATEK ha elaborado una serie de ensayos y manuales de capacitación en las temáticas de análisis de riesgo, gestión para la reducción de riesgos y alerta temprana.

RIESGO SISMICO EN EL SECTOR VIVIENDA EN GUATEMALA

Un análisis de tendencias

Editado y Publicado por CIMDEN-VILLATEK

15 Avenida "A" 20-01 Zona 13,

Guatemala, Guatemala

Centro América

Página web. www.villatek.com.gt

Foto de portada: Viviendas colapsadas por movimientos de masa en la ciudad de Esquipulas.

Derechos Reservados CIMDEN-VILLATEK

baja vulnerabilidad, años 1973 y 2001.

Presentación

A lo largo de los siglos, sociedades en diversas regiones del mundo han experimentado múltiples desastres producto de terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, tsunamis o maremotos, deslizamientos, sequía, tormentas de invierno y debido a plagas. Inicialmente concebidos como castigos de Dios, los avances en las ciencias de la tierra en el último siglo permitieron comprender de mejor manera la dinámica de estos fenómenos, pudiendo así explicar tales fenómenos como resultado de procesos dinámicos asociados a placas tectónicas, en base procesos de subducción entre tales placas, o bien como interacciones entre el océano, el medio ambiente y la atmósfera.

Sin embargo, es a partir de los ochentas que surge una nueva corriente que nos promueve a cambiar nuestro paradigma con respecto a los desastres, ya no como "naturales", sino como resultado de procesos sociales que conducen al asentamiento de comunidades en zonas de alta amenaza y en paralelo, al establecimiento de vulnerabilidades, lo que conforma lo que se está denominando el riesgo. Esta nueva forma de comprender los desastres en base a procesos sociales conduce a la inevitable conclusión de que tales desastres son un producto de los esquemas de desarrollo que no se han adaptado al entorno de los fenómenos naturales con los que tienen que convivir tales sociedades, o como lo expresan algunos expertos de las ciencias sociales en el tema problemas no resueltos del desarrollo.

En un afán de contribuir a un esquema de desarrollo mejor adaptado a tales fenómenos naturales, el Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales CIMDEN se ha dado a la tarea de realizar investigaciones tendientes a comprender de mejor manera todos los procesos asociados a la generación de riesgos, al diseño de metodologías para la evaluación de tales riesgos, así como a la implementación de medidas con la meta de promover la prevención, la mitigación y la preparación para evitar o minimizar los impactos en materia de fatalidades y pérdidas materiales y económicas, así como los largos y costosos procesos de reconstrucción en caso de desastres.

Este estudio realizado por el Dr. Juan Carlos Villagrán de León, fundador del CIMDEN, va a lo largo de esas líneas de analizar el riesgo sísmico al cual está expuesto el sector vivienda en los Departamentos de la República de Guatemala haciendo uso de modelos científicos desarrollados en Europa y Norteamérica. El estudio traza la evolución de este tipo de riesgo a lo largo de las últimas cuatro décadas haciendo referencia a los avances que se han consolidado durante este período, así como identificando las regiones críticas del país donde es necesario promover diversas actividades para controlar la generación de nuevos riesgos y reducir los riesgos existentes. Como tal, este estudio debe enmarcarse como un eslabón más en la cadena de estudios e investigaciones que están llevando a cabo científicos de Guatemala y de todo el mundo en este campo, con la meta de incentivar la investigación más profunda y concreta en esta temática que brinde aportes para la toma de decisiones que conlleve a un desarrollo más sostenible.

Para la Gerencia General de Villatek, Sociedad Anónima es un gusto presentar este trabajo de investigación elaborado por el Dr. Villagrán de León en el marco de la Serie de publicaciones "Aportes para el Desarrollo Sostenible" para socializar los resultados científicos en esta temática en Guatemala, así como para contribuir a los esfuerzos que se realizan en todo el mundo bajo el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015 promovido por la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres de las Naciones Unidas que tiene como lema "aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres".

Guatemala, Abril del 2008

Tabla de Contenido

Introducción	1
El marco conceptual del riesgo sísmico	4
La amenaza sísmica en Guatemala	5
La vulnerabilidad estructural en el sector vivienda	6
La Escala Macrosísmica Europea - EME-98	6
Análisis de vulnerabilidad por Departamento	14
Departamento de Guatemala	14
Departamento de El Progreso	16
Departamento de Sacatepéquez	19
Departamento de Chimaltenango	20
Departamento de Escuintla	22
Departamento de Santa Rosa	24
Departamento de Sololá	26
Departamento de Totonicapán	28
Departamento de Quetzaltenango	29
Departamento de Suchitepéquez	31
Departamento de Retalhuleu	32
Departamento de San Marcos	34
Departamento de Huehuetenango	35
Departamento de Quiché	37
Departamento de Baja Verapaz	39
Departamento de Alta Verapaz	40
Departamento de Petén	42
Departamento de Izabal	43
Departamento de Zacapa	45
Departamento de Chiquimula	47
Departamento de Jalapa	49
Departamento de Jutiapa	50
Análisis comparativo	53
Dinámica de la vulnerabilidad estructural sísmica	56
Deslizamientos y maremotos o tsunamis provocados por sismos	58
Conclusiones y Recomendaciones	59
Bibliografía	63

Tablas Selectas

Tabla 1:	Clases de Vulnerabilidad según la EME-98	7
Tabla 2:	Grados de daños para estructuras de mampostería - EME-98	8
Tabla 3:	Escala Macro Sísmica Europea -1998	9
Tabla 4:	Relación entre aceleración pico de suelo e intensidad de un sismo.	10
Tabla 5:	Grados de intensidad para Departamentos de Guatemala	11
Tabla 6:	Adaptación de datos de los censos a las clases de vulnerabilidad de la EME-98.	11
Tabla 50:	Números totales y porcentajes de viviendas vulnerables y no vulnerables en caso de sismos.	53
Tabla 51:	Porcentaje de Vulnerabilidad (Baja y Alta) e Índices de Pobreza y Pobreza Extrema.	55
Tabla 52:	Comparación de número de viviendas en alta y baja vulnerabilidad, años 1973 y 2001.	56

Agradecimiento

El autor desea expresar su agradecimiento a diversas personas que han hecho posible esta publicación. Al Dr. G. Grunthal del Instituto de Investigación en Geofísica en Potsdam, Alemania, quien introdujo al autor a la Escala Macrosísmica Europea version 1998; al Ingeniero Alberto Pérez Zarco quien ha apoyado al autor en múltiples ocasiones y esfuerzos en torno a gestión para la reducción de riesgos, al Maestro en Geofísica Enrique Molina, Director del Departamento de Geofísica del INSIVUMEH con quien el autor ha intercambiado ideas que han encontrado su lugar en este documento y en particular a Sofía Isabel Villagrán Sandoval quien finamente apoyó en la digitalización de datos de los Censos de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística que sirvieron de base para este estudio, así como a Pierrette Vercesi de Villagrán quien revisó el texto en general.

Introducción

Guatemala, por su ubicación geográfica, es un país que ha experimentado múltiples desastres a lo largo de los siglos ocasionados por diversos tipos de fenómenos naturales tales como huracanes, terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos y más recientemente sequía. La primera Capitanía General fundada por los españoles durante la conquista fue destruida el 11 de septiembre de 1543 por un torrente de lodo y roca provocado por fuertes precipitaciones, algo que puede ser atribuido a huracanes que se manifiestan en esa época del año. Siglos más tarde, fenómenos similares han destruido pueblos como la Villa de Petapa en octubre de 1762, (ahora conocida como Villa Canales), el viejo Palmar en 1984, El Porvenir y más recientemente, en Octubre del 2005 se dio una situación prácticamente similar en Panabaj a orillas del lago Atitlán en las faldas del volcán Tolimán. En el contexto de terremotos, Guatemala está situada en la zona de intersección entre tres placas tectónicas, de tal manera que toda la parte central y sur del país está expuesta a esta amenaza de manera permanente. Ya en 1773 los terremotos de Santa Marta destruyeron la antigua Capitanía General y desde ese entonces la nueva capital ha experimentado terremotos en varias ocasiones, como en el caso de los terremotos de 1917/18 y el terremoto de 1976.

Aunque en algunos casos los desastres se pueden atribuir a la localización de ciudades o poblados en zonas de alta amenaza, como en los casos de faldas de volcanes activos o en zonas propensas a deslizamientos e inundaciones; la cobertura geográfica de eventos asociados a terremotos y huracanes puede abarcar amplias regiones del país, lo que impide encontrar zonas seguras con respecto a tales fenómenos. Sin embargo, en otros casos los desastres se desencadenan como resultado de procesos de desarrollo, tales como el uso de técnicas y materiales de construcción no adecuados a este tipo de fenómenos. La introducción del adobe como material para edificar paredes y de la teja de barro cocido para los techos por los españoles durante la época de la colonia es un ejemplo clásico en este sentido. Pueblos y ciudades en muchos países de América Latina han sido destruidos por terremotos debido a la alta vulnerabilidad de viviendas y otros edificios construidos con estas técnicas y materiales de construcción.

Recientes terremotos en Centro América como el de Managua de Diciembre de 1972, los de El Salvador en 1986 y en 2001, el de Limón en Costa Rica en el año 1991, así como el terremoto de Guatemala de 1976 son los ejemplos más recientes de desastres ocasionados por este tipo de fenómenos que culminan con la destrucción de cientos de miles de viviendas, un elevado número de fatalidades como en el caso de Guatemala, donde más de 23,000 habitantes de todas edades perdieron la vida en

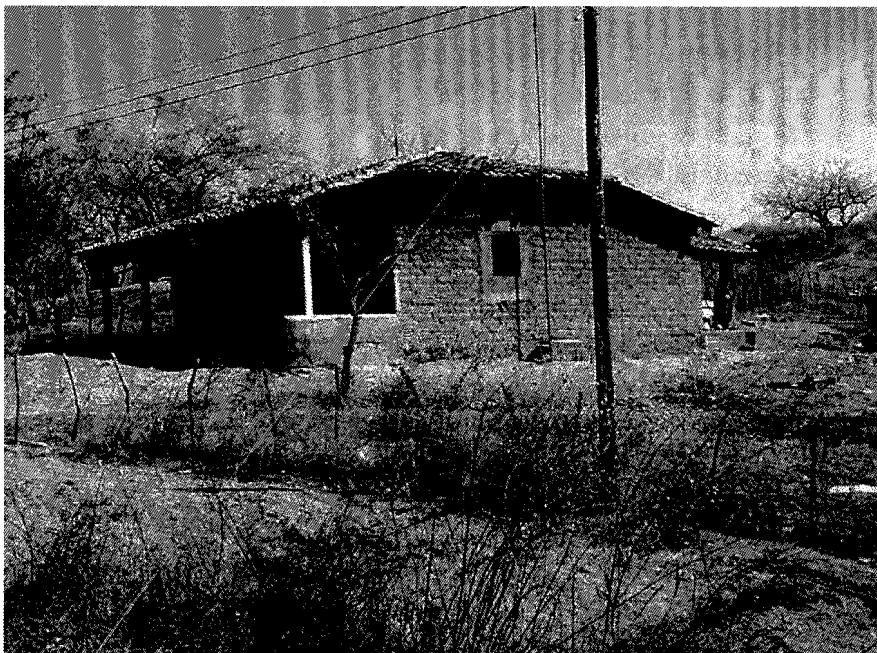


pocos minutos aplastados en sus viviendas a las tres de la madrugada y el empobrecimiento de cientos de miles de personas. En todos estos casos se observó el colapso de viviendas y estructuras

vulnerables, muchas de la cuales constaban de paredes de adobe o bajareque con pesados techos de teja que no toleran las vibraciones ocasionadas por tales terremotos.

En tal sentido es necesario continuar promoviendo esfuerzos a nivel de Guatemala y en la región Centroamericana para reducir el impacto de los fenómenos naturales, empezando con el análisis de los factores que conducen a tales desastres: las **amenazas** y las **vulnerabilidades**. En este contexto las amenazas representan la probabilidad o posibilidad de que se manifieste un evento en una cierta región geográfica en un cierto intervalo de tiempo determinado. Aplicado al caso de terremotos, la amenaza está asociada a la probabilidad de que se manifieste un terremoto en una región particular en un cierto intervalo de tiempo. La amenaza se centra en el fenómeno natural en sí. En contraste, la vulnerabilidad representa la predisposición de gente, sus viviendas, infraestructura, poblados, ciudades, procesos y servicios a ser dañados o destruidos por un evento asociado cualquier amenaza. **La combinación de amenazas y vulnerabilidades se ha definido por diversos autores y entidades como el riesgo.** Cuando se habla de una población o proceso en riesgo se hace referencia a una población que tiene un cierto grado de vulnerabilidad (viviendas de paredes de adobe con techo de teja por ejemplo) y que está situada en una zona de amenaza (cerca de una falla sísmica activa). El desastre se manifiesta cuando se materializa un evento asociado a una amenaza y que culmina con una serie de daños o destrucción. Este modelo de representar el riesgo en base a amenazas y vulnerabilidades tiene sus orígenes en las investigaciones realizadas por científicos en el marco de la *Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales* que propició la Organización de Naciones Unidas entre 1990 y 1999. Dicho modelo propone identificar por separado estos componentes del riesgo para posteriormente unificarlos y poder deducir los potenciales impactos asociados a un evento hipotético así como medidas para reducirlos. El análisis de riesgos permite identificar ciudades o poblados donde se pueden esperar mayores daños o destrucción en comparación con otros donde se esperarían menores daños por sus condiciones de menor amenaza o vulnerabilidad. Este tipo de análisis permite identificar qué medidas deben tomarse para reducir los impactos de eventos futuros, ya sea mediante la implementación de medidas tales como la zonificación del uso del suelo, los códigos o normas de construcción, la sensibilización de la población y medidas de preparación para propiciar una respuesta rápida y efectiva en caso que se manifieste un evento. Sin embargo, es importante reconocer que se trata de un modelo científico que tiene limitaciones al intentar representar una situación real en base a teorías científicas.

Este documento se ha elaborado partiendo de esta línea de identificar las zonas geográficas del territorio Guatemalteco que están expuestas a riesgos asociados a terremotos. En tal sentido, hace uso de información sobre la amenaza sísmica que ha sido desarrollada por varios científicos y la combina con la vulnerabilidad de infraestructura dedicada a la vivienda que se ha deducido utilizando datos de los Censos de Población y Vivienda que ha realizado el Instituto



Nacional de Estadística de Guatemala en décadas recientes (INE, 1964, 1973, 1981, 1994 y 2002). Se presenta el análisis sobre la evolución temporal de esta vulnerabilidad física o estructural de las viviendas a nivel departamental en el período comprendido entre 1964 y 2002; así como un análisis comparativo de los niveles de riesgo sísmico que existe en los diversos departamentos que comprenden la República. Como resultado del análisis sobresalen aspectos muy positivos que deben reconocerse, en particular la adopción de técnicas sismo-resistentes en todo el país, así como otros aspectos que deben ser considerados por autoridades a nivel nacional, regional y municipal para promover un desarrollo más sostenible considerando la reducción de vulnerabilidades como un eje transversal del desarrollo sostenible. En particular, una campaña de sensibilización en aquellas regiones del país donde existe un nivel de mayor riesgo para que la población tome las medidas necesarias. De manera paralela, un programa de mejoramiento de vivienda como el que ya tiene en vigencia el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, pero con un enfoque hacia los Departamentos de la República donde se ha identificado los mayores riesgos y donde existe una situación de pobreza que pueda impedir a los pobladores agenciarse los recursos necesarios para asegurar sus viviendas. Un ejemplo a lo largo de estas líneas es el proyecto de reforzamiento de viviendas de adobe que ha implementando la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, CONRED, en Jutiapa como resultado de los daños que experimentaron viviendas construidas con adobe expuestas a los terremotos de enero y febrero del año 2001.

Desde el punto de vista de la teoría formal de riesgos asociados a fenómenos naturales, este estudio presenta un caso piloto en el cual se ha tratado de combinar información sobre amenaza y vulnerabilidad para concretar información sobre el riesgo existente para sismos. La noción de representar la amenaza



como una probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo en un determinado intervalo de tiempo y su subsiguiente combinación con una vulnerabilidad que se expresa de manera determinística (en contraste a probabilística) genera una noción de riesgo como la probabilidad de excedencia de posibles daños en este intervalo de tiempo dado. El manejo de información en base a probabilidades es común en la comunidad científica, sobretodo cuando se trata de fenómenos para los cuales no se puede expresar su dinámica de manera certera. Desafortunadamente, el manejo de tal información en base a tales probabilidades resulta sumamente complejo para los tomadores de decisión por las incertidumbres que acarrear los modelos probabilísticos y por las dificultades que están asociadas a la toma de decisiones en base a probabilidades y no en base a certezas.

El marco conceptual del riesgo sísmico

Como se indicó en la introducción, el riesgo se puede definir como la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad. Desafortunadamente, científicos y expertos en diversos continentes han definido estos términos de diversas maneras, a tal punto que no existe un consenso generalizado sobre cada uno (Villagrán de León, 2006). La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres –EIRD– (EIRD, 2001) define la amenaza como *“un evento físico potencialmente perjudicial, fenómeno natural y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Amenazas o peligros pueden incluir condiciones latentes que mantengan o aumenten la peligrosidad. Su origen puede ser de diferente índole: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad”*. En el caso de sismos, la amenaza se representa típicamente en base al parámetro denominado la **aceleración pico del suelo** que es un parámetro que pueden utilizar los ingenieros para diseñar estructuras de diversos tipos.

Sin embargo, en lo que respecta a vulnerabilidad existen múltiples definiciones así como clasificaciones en base a dimensiones o componentes y no existe un consenso al respecto. La EIRD define la vulnerabilidad como *“las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de amenazas”*. Desafortunadamente, la forma como está elaborada esta definición hace difícil el poder utilizarla para elaborar un modelo para su evaluación cuantitativa, en vista que hace referencia a diversos factores que aumentan la susceptibilidad y la exposición. En tal sentido, el autor (Villagrán de León, 2001) ha propuesto una definición más práctica de la vulnerabilidad como *“la predisposición de un elemento, un proceso, un servicio, una persona, una comunidad o un país a ser afectado por un evento asociado a una amenaza”*. La evaluación de la vulnerabilidad enfoca la identificación de los factores que caracterizan esta

predisposición para lo cual se ha diseñado un marco conceptual basado en la noción de sectores de la sociedad y propone tres dimensiones (Villagrán de León; 2006):

- Una dimensión con respecto al nivel en el cual se ejecuta la

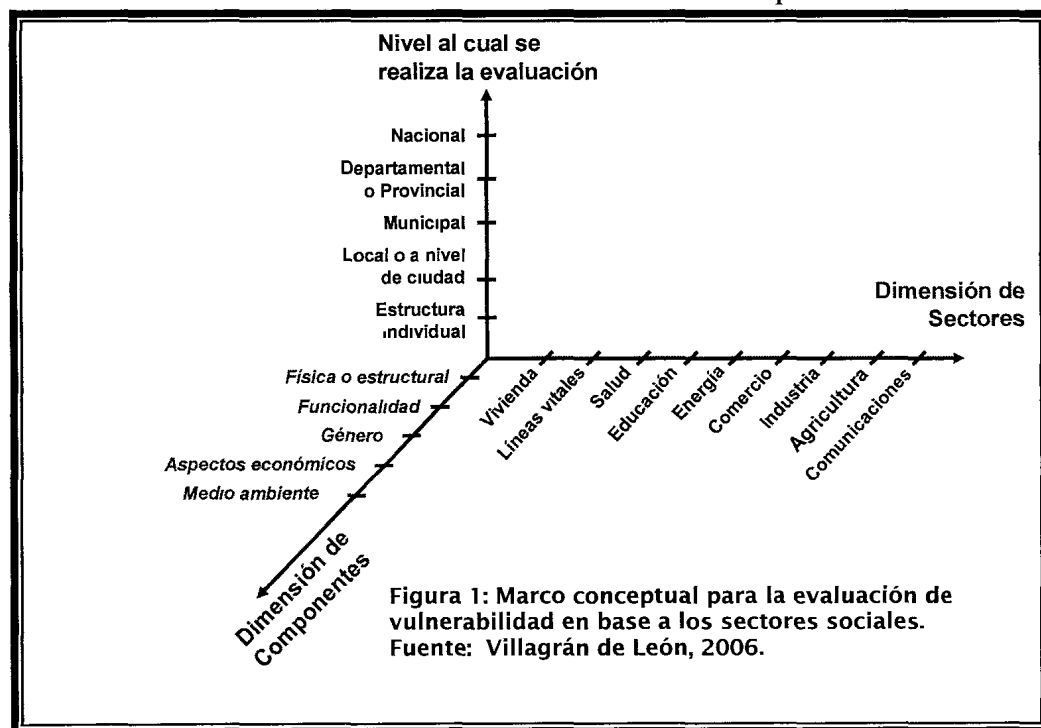


Figura 1: Marco conceptual para la evaluación de vulnerabilidad en base a los sectores sociales. Fuente: Villagrán de León, 2006.

evaluación, sea éste el nivel de una sola vivienda, el de una ciudad, el de un municipio, una provincia o departamento o el nivel nacional

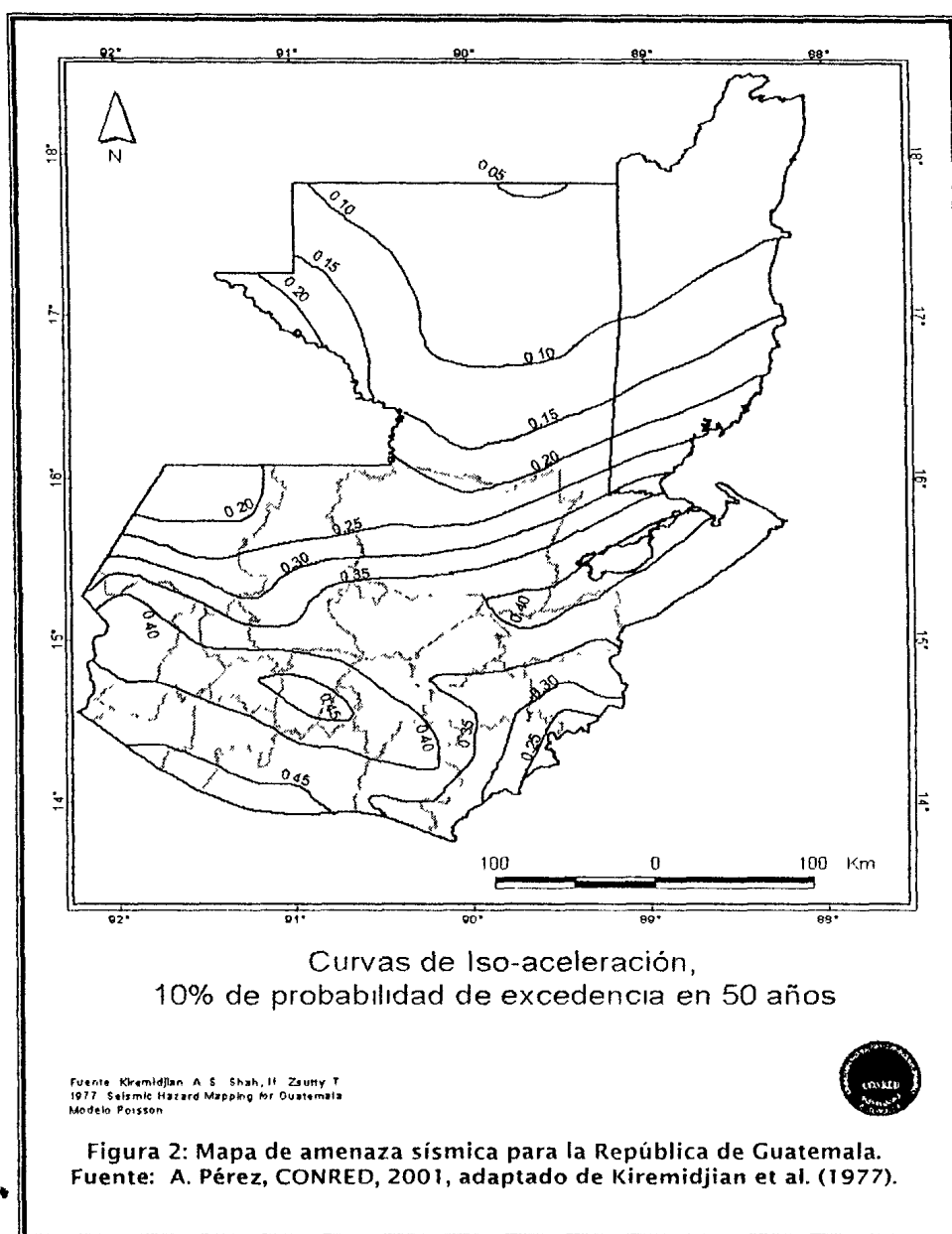
- Una dimensión que considera el tipo de sector en cuestión: vivienda, salud, educación, comercio, gobierno, comunicaciones, líneas vitales, energía, agricultura, industria, etc
- Una dimensión que enfoca cinco componentes de vulnerabilidad con respecto a infraestructura, funcionalidad, género, aspectos económicos y medio ambiente.

En el contexto de este marco conceptual este estudio enfoca la evaluación del componente físico o estructural del sector vivienda a nivel de Departamentos de la República con respecto a sismos.

La amenaza sísmica en Guatemala

En el contexto de la amenaza sísmica, investigadores de instituciones como el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2007) y universidades como la de Stanford en Estados Unidos y la de Uppsala en Suecia han elaborado mapas de amenaza para todo el país. La figura 2 muestra el mapa de amenaza sísmica para Guatemala elaborado por Kiremidjian, Shah y Lubetin en 1977 (Kiremidjian et al, 1977) donde se utilizó un modelo probabilístico basado en distribuciones de Poisson para calcular las curvas de iso-aceleración pico del suelo con un 10% de

probabilidad de excedencia en 50 años. Como se observa, las regiones de mayor amenaza están situadas en la región sur del país, incluyendo regiones costeras, la zona volcánica y en segmentos de la fallas del Motagua y del Polochic donde la magnitud está por encima de 40 por ciento del valor de la gravedad (0.40g), mientras que la zona de menor amenaza está situada en el Departamento de El



Petén, al norte de la República. Como indican los autores, la morfología de la amenaza está asociada a los tres sistemas de fallas regionales: Motagua, Polochic y la zona de Subducción en el Pacífico; y considera la influencia de sistemas de fallas menores como el graben de Mixco.

La vulnerabilidad estructural en el sector vivienda

La vulnerabilidad física o estructural de viviendas refleja su predisposición a ser dañadas o destruidas por un terremoto. Esta vulnerabilidad resulta de la combinación de materiales y técnicas de construcción para los distintos elementos de la vivienda (cimientos, paredes y techos), así como elementos internos de diseño (separación entre muros internos, dimensiones de longitud y altura de paredes exteriores e interiores, etc.). Sin embargo, la evaluación de vulnerabilidad estructural utilizando todos estos parámetros queda fuera de un estudio que abarque todas las viviendas de la república, motivo por el cual se ha recurrido a un método más simple, aunque menos preciso, que se presta al uso de datos generados en los censos nacionales de población y vivienda a lo largo de varias décadas. El Instituto Nacional de Estadística de Guatemala ha realizado censos de población y vivienda en los años 1964, 1973, 1981, 1994 y 2002 que incluyen los materiales de construcción de paredes, pisos y techos (INE, 1964, 1973, 1981, 1994 y 2002). En el caso de paredes estos censos hacen referencia a materiales como bloque, ladrillo, concreto, adobe, bajareque, lámina metálica, madera, lepa y una clase no especificada titulada “otros”. En el caso de pisos se mencionan materiales como barro, ladrillo, torta de cemento, madera y tierra. En el caso de materiales para techo se incluyen concreto, lámina metálica, lámina de asbesto-cemento, teja de barro cocido, paja y, como en el caso de paredes, una clase denominada “otros”. Sin embargo, no se cuenta con la información detallada con respecto a la combinación específica de paredes y tipos de materiales para techos, sino tablas distintas donde se presentan datos para poblados ya sea por material de construcción de paredes o bien datos sobre el tipo de material utilizado para techos. En este estudio se hace uso de la Escala Macrosísmica Europea versión 1998 para estimar la vulnerabilidad de acuerdo al tipo de materiales de construcción de las paredes que se describe a continuación.

La Escala Macrosísmica Europea - EME-98

La experiencia recopilada a lo largo de varias décadas por científicos de Europa con respecto a los daños experimentados por viviendas construidas con diversos tipos de materiales de construcción ha permitido definir diversas **clases de vulnerabilidad**. La escala macro-sísmica europea 1998 – EME-98- propone 6 clases de vulnerabilidad basadas en los materiales de construcción típicos utilizados en ciudades y pueblos típicos de Europa (Grünthal y Villagrán, 2003). La Tabla 1 presenta el esquema de clases de vulnerabilidad según esta escala.

La **clase A** representa las viviendas o estructuras más vulnerables que están construidas con paredes de adobe o de cantos rodados. La **clase B** abarca viviendas construidas con roca simple o de mampostería en base a bloque o ladrillo sin refuerzo, aunque se reconoce que algunas viviendas de adobe pueden incorporarse en esta clase. En la **clase C** se agrupan aquellas viviendas construidas con paredes de roca masiva, las de mampostería sin refuerzo pero con piso de concreto reforzado y en la **clase D** se sitúan las viviendas construidas con mampostería de bloque o ladrillo reforzada o confinada con vigas y columnas de concreto, así como las viviendas de madera. Las **clases E y F**

son las menos vulnerables y se basan en diseños sismo-resistentes de concreto reforzado o con estructuras de acero.

Tabla 1: Clases de Vulnerabilidad según la EME-98 - Viviendas de Mampostería y de Madera (Adaptado de la EME-98).

Tipo de Estructura		Clase de Vulnerabilidad					
		A	B	C	D	E	F
Mampostería	Cantos rodados, rocas						
	Adobe (ladrillo de tierra)						
	Roca simple						
	Roca Masiva						
	Sin refuerzo, con unidades de rocas manufacturadas (bloque)						
	Sin refuerzo, con pisos de concreto reforzado						
	Reforzada, confinada						
Madera	Estructuras de Madera						

Clase más típica de vulnerabilidad	
Rango probable	
Rango de casos menos probables	

El modelo de riesgo propuesto en este documento se basa en la EME-98, que además de clases de vulnerabilidad incorpora **grados de daños** que experimentan las viviendas y estructuras en caso de terremotos de diversas intensidades. En este caso se propone el uso invertido de dicha escala, pues la escala está diseñada para estimar intensidades en base a daños observados después de un terremoto. En este documento se utiliza el grado de daños y la clase de vulnerabilidad en conjunto con información sobre la amenaza para expresar el riesgo al cual están sometidas viviendas en los distintos Departamentos de la República. El grado de daños que pueden experimentar diversos tipos de estructuras está asociado a la fuerza vibratoria que ejerce el sismo, que se puede asociar a la aceleración pico del suelo y la vulnerabilidad. La EME-98 define 5 grados de daños que se presentan en la tabla 2. La selección de la EME-98 radica en su capacidad para incluir grados de daños esperados para estructuras de diversos tipos de vulnerabilidad, literalmente, lo que corresponde al riesgo de tipo físico o estructural con respecto a sismos.

La tabla 3 presenta la descripción de los distintos grados de intensidad de acuerdo a la EME-98. Los grados más bajos representan sismos que no tienen impacto en viviendas o estructuras y en particular, el **grado I** (1 en números romanos) es prácticamente insensible para mucha gente, sólo se detecta con sismómetros.

En contraste, el grado más alto denominado **grado XII** representa sismos totalmente devastadores que destruyen prácticamente todo tipo de infraestructura independiente de su clase de vulnerabilidad. Como se observa al analizar los grados superiores de la escala, el grado de daños aumenta dependiendo de la clase de vulnerabilidad. Además de presentar grados de daños, la escala incluye rangos de daños en términos como “pocos”, “muchos” y “la mayoría”.

Tabla 2: Grados de daños para estructuras de mampostería - EME-98 (Adaptado de la EME- 98)

Clasificación de daño a edificios de mampostería	
Grado 1: Sin daño o daño leve Sin daño estructural, daño no estructural leve	Grietas muy delgadas en muy pocos muros. Caída de pequeños pedazos de repello. Caída de rocas sueltas desde la parte alta de edificios en muy pocos casos.
Grado 2: Daño moderado Daño estructural leve, daño no estructural moderado	Grietas en muchos muros. Caída de pedazos grandes de repello. Colapso parcial de chimeneas.
Grado 3: Daño substancial a severo Daño estructural moderado, daño no estructural moderado	Grietas largas y extensas en casi todos los muros. Caída de tejas. Fractura de las chimeneas en la línea del techo; falla de elementos individuales no estructurales (particiones, tabicaciones)
Grado 4: Daño muy severo Daño estructural severo, daño no estructural muy severo	Falla seria en muros, falla estructural parcial de techos. Falla de techos y pisos.
Grado 5: Destrucción Daño estructural muy severo	Colapso o casi colapso total.

En el entorno de la vivienda Guatemalteca el grado de intensidad **VIII** se podría adaptar de la siguiente manera:

Muchas viviendas de adobe, bajareque y de otros tipos de materiales de construcción no convencionales sufren destrucción o daño estructural severo (daño no estructural muy severo) y pocas viviendas construidas con estos materiales quedan destruidas. Además, muchas viviendas de bloque, ladrillo, concreto o madera sufren daños moderados incluyendo daño estructural leve y pocas sufren daño sustancial a severo, incluyendo daño estructural moderado.

La utilización de la escala en un sentido inverso para estimar riesgos (daños potenciales) es factible en la medida en la cual se puede proponer la máxima intensidad esperada para sismos en sitios o regiones específicas del país a partir de la información sobre amenaza.

Sin embargo, como lo indica el Dr. Grünthal del Centro de Investigaciones Geofísicas de Potsdam en Alemania (Grünthal, 2008), dicha transformación debe tratarse con mucha cautela y solo emplearse cuando no se cuenta con un catálogo histórico de intensidades explícitamente, como es en el caso de Alemania. El Dr. Wald del Servicio Geológico de los EEUU (Wald, 1999) ha realizado una serie de observaciones para correlacionar intensidades y mediciones de aceleración pico del suelo, así como de velocidades y desplazamientos en caso de sismos y terremotos. Dichas correlaciones han permitido al Dr. Wald establecer una tabla de conversión entre estos parámetros.

Utilizando dicha conversión y tomando como base el mapa de amenaza sísmica que se presentó en la figura 2 se transforma la información sobre aceleración pico del suelo en información sobre las posibles intensidades correspondiente a las distintas magnitudes de aceleración que incluye el mapa. La tabla 4 muestra la relación entre magnitudes de la aceleración pico del suelo y la intensidad sísmica correspondiente. Analizando el mapa de amenaza sísmica y utilizando la tabla 4 es posible concluir que en el territorio Guatemalteco existe un 10% de probabilidad de que se manifiesten eventos con intensidades entre los grados V y IX o mayor. En el caso de intensidad IX se espera que las viviendas de adobe sufran daños severos o destrucción casi total mientras que las viviendas de bloque pueden experimentar daños considerables. En contraste, los ranchos de madera bien contruidos pueden mostrar daños menores.

Tabla 3: Escala Macro Sísmica Europea -1998 (Adaptado de la EME-98)

Grado	Tipo	Descripción
I	No se ha sentido	a) No sentido, aun en las condiciones más favorables b) Sin efecto c) Sin daño
II	Sentido apenas	a) El temblor es sentido solo en situaciones aisladas (<1%) de los individuos en reposo y en una posición especialmente receptiva en el interior de un edificio o vivienda b) Sin efecto c) Sin daño
III	Débil	a) El temblor es sentido en el interior de viviendas y edificios por pocos. Personas en reposo sienten una vibración lenta o temblor leve. b) Objetos colgantes se mecen levemente c) Sin daño
IV	Observado Ampliamente	a) El temblor es sentido por muchos en el interior y solo por pocos afuera de viviendas o edificios. Algunas personas se despiertan. El nivel de vibración no es alarmante. La vibración es moderada. Observadores sienten una leve vibración del edificio, dormitorio, cama, silla, etc. b) Porcelana, vasos, ventanas y puertas se traquelean. Objetos colgantes se mecen. Muebles livianos vibran notablemente en algunos casos. Piezas de madera crujen en algunos casos. c) Sin daño
V	Fuerte	a) El temblor es sentido por casi todos en el interior y por pocos afuera de viviendas o edificios. Pocas personas se asustan y corren hacia fuera. Muchas personas se despiertan. Observadores sienten una fuerte vibración del edificio, dormitorio o muebles. b) Objetos colgantes se mecen considerablemente. Utensilios de porcelana y vasos resuenan. Pequeños objetos que son más pesados en su parte de arriba o bien objetos sostenidos deficientemente se pueden mover o caer. Las puertas y ventanas se abren y se cierran. En algunos casos los marcos de ventanas se pueden quebrar. Los líquidos oscilan y se pueden derramar de contenedores llenos. Animales en interiores se inquietan. c) Daño de grado 1 en pocos edificios vulnerables de clases A y B.
VI	Daños leves	a) El temblor es sentido por casi todos en el interior y por muchos afuera de viviendas o edificios. Algunas personas pierden el balance. Muchas personas se asustan y corren hacia afuera. b) Pequeños objetos estables pueden caerse y los muebles pueden ser desplazados. En algunos casos se pueden quebrar platos y vasos. Los animales de corral se pueden asustar (aun los que yacen afuera). c) Daño de tipo 1 en muchos edificios de vulnerabilidad de clase A y B, pocos de clase A y B sufren daños de grado 2; muy pocos de la clase C sufren daños de grado 1.
VII	Daños	a) La mayoría de las personas se asustan y tratan de correr hacia afuera. A muchos les cuesta mantenerse de pie, especialmente en los pisos altos. b) Los muebles son desplazados y los muebles pesados pueden volcarse. Se caen los objetos de los entrepaños. El agua es salpicada en los contenedores, tanques y piscinas. c) Muchos edificios vulnerables de clase A sufren daños de grado 3 y pocos de grado 4. Muchos edificios vulnerables de clase B sufren daños de grado 2 y pocos de grado 3. Pocos edificios vulnerables de clase C sufren daños de grado 2. Pocos edificios vulnerables de clase D sufren daños de grado 1.
VIII	Daños Severos	a) Mucha gente encuentra difícil mantenerse de pie, aun afuera. b) Los muebles pueden volcarse. Se caen los objetos tales como las televisiones, máquinas de escribir, etc. Las lápidas pueden desplazarse o caerse. Se pueden ver ondas en suelos muy suaves. c) Muchos edificios vulnerables de clase A sufren daños de grado 4 y pocos de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase B sufren daños de grado 3 y pocos de grado 4. Muchos edificios vulnerables de clase C sufren daños de grado 2 y pocos de grado 3. Pocos edificios vulnerables de clase D sufren daños de grado 2.
IX	Destruutivo	a) Pánico general. La gente se cae bruscamente al suelo. b) Muchos monumentos y columnas se caen o se retuercen. c) Muchos edificios vulnerables de clase A sufren daños de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase B sufren daños de grado 4 y pocos de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase C sufren daños de grado 3 y pocos de grado 4. Muchos edificios vulnerables de clase D sufren daños de grado 2 y pocos de grado 3. Pocos edificios vulnerables de clase E sufren daños de grado 2.
X	Muy Destruutivo	c) La mayoría de los edificios vulnerables de clase A sufren daños de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase B sufren daños de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase C sufren daños de grado 4 y pocos de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase D sufren daños de grado 3 y pocos de grado 4. Muchos edificios vulnerables de clase E sufren daños de grado 2 y pocos de grado 3. Pocos edificios vulnerables de clase F sufren daños de grado 2.
XI	Devastador	c) La mayoría de los edificios vulnerables de clase B sufren daños de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase C sufren daños de grado 4 y pocos de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase D sufren daños de grado 4 y pocos de grado 5. Muchos edificios vulnerables de clase E sufren daños de grado 3 y pocos de grado 4. Muchos edificios vulnerables de clase F sufren daños de grado 2 y pocos de grado 3.
XII	Totalmente Devastador	c) Todos los edificios vulnerables de clases A, B y prácticamente todos los de clase C quedan destruidos. La mayoría de los edificios de las clases D, E y F quedan destruidos. Los efectos del terremoto han alcanzado los efectos máximos concebibles.

Como se observa en la tabla 3, no se manifiestan daños de ningún tipo en todo tipo de estructuras para sismos con intensidades muy bajas entre los grados I y IV. Tales sismos van acompañados de aceleraciones de tan baja magnitud que no afectan a las estructuras físicas, aunque si pueden ser percibidos por el ser humano y detectados en objetos como lámparas o semáforos que cuelgan, o en utensilios de cocina que puede hacer ruido cuando se manifiestan sismos de estas bajas intensidades.

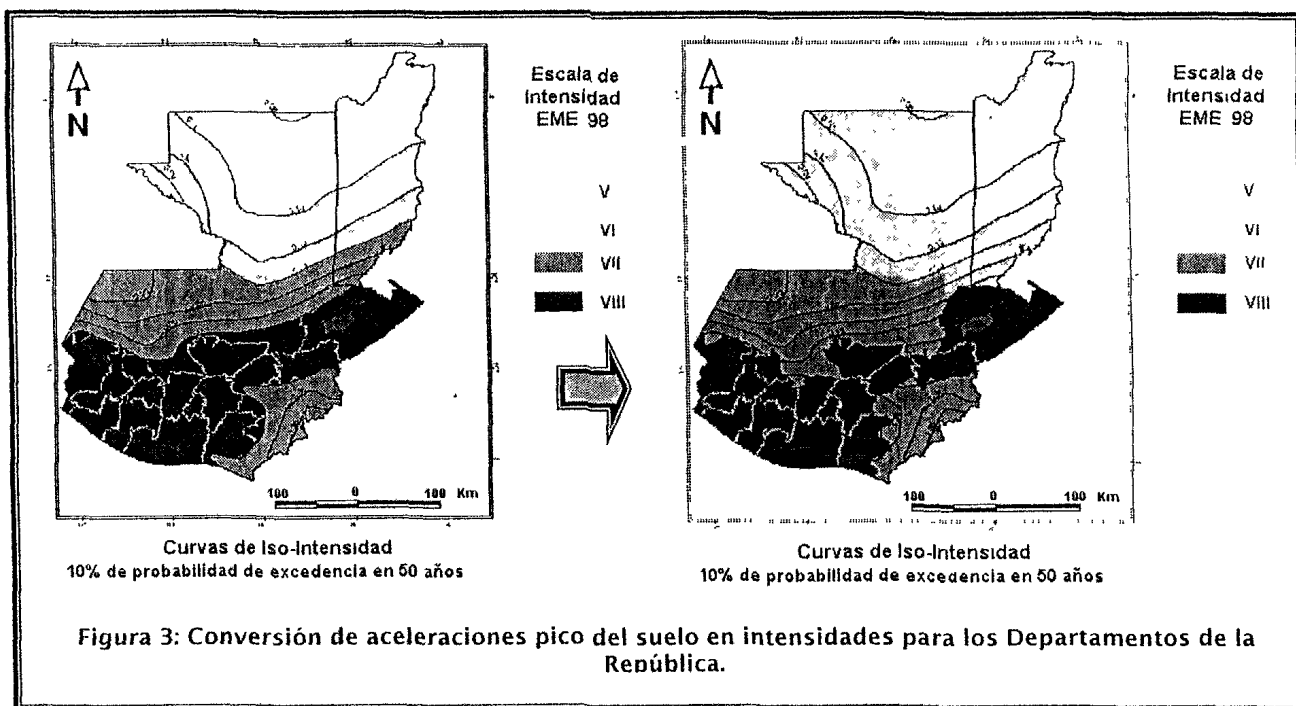
En el caso de la evaluación de riesgos a nivel departamental resalta una complicación al reconocer que en algunos Departamentos de la República se pueden manifestar dos, tres, o hasta cuatro niveles de intensidad, como en el caso de Petén. Para resolver esta situación se ha considerado definir un solo nivel de intensidad para cada Departamento basado en los siguientes criterios:

- En el caso de Departamentos donde la proporción de un nivel de intensidad con respecto a otro es mucho mayor, seleccionar este nivel de mayor representatividad. Esta regla se aplicó en Quiché, Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa
- En el caso de Departamentos donde se manifiestan hasta tres grados de intensidad, seleccionar el grado intermedio. Esta regla se aplicó en los casos de Huehuetenango y Petén.

La figura 3 muestra el esquema de conversión de manera gráfica para cada Departamento de la República. Como se observa, la mayoría de los Departamentos se pueden clasificar con grado de intensidad VIII a excepción de Petén que está clasificado con intensidad VI y Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa con intensidad VII. La Tabla 5 presenta la clasificación propuesta de intensidad macrosísmica para todos los departamentos de la República que se ha utilizado en este estudio.

Tabla 4: Relación entre aceleración pico del suelo e intensidad de un sismo (Fuente: Wald, D.J. USGS, 1999).

Aceleración Pico del Suelo (m/s ²)	Grado de Intensidad
< 0.02	I
0.02 - 0.14	II - III
0.14 - 0.38	IV
0.38 - 0.90	V
0.90 - 1.77	VI
1.77 - 3.34	VII
3.34 - 6.38	VIII
6.38 - 12.16	IX
> 12.16	X
	XI
	XII



Tomando en consideración estos grados de intensidad y los grados de daños esperados para viviendas clasificadas según su clase de vulnerabilidad es posible deducir las condiciones de riesgo en cada Departamento utilizando los datos de los censos. Adicionalmente, reconociendo como ha variado el tipo de material de construcción de viviendas a lo largo de las últimas décadas es posible visualizar tendencias sobre como se ha modificado el patrón de riesgos en los diversos departamentos durante este período.

Para completar esta discusión en torno a la escala EME-98 y sus clases de vulnerabilidad es necesario comentar sobre las adaptaciones que han sido necesarias para consolidar esta integración.

Como se ha mencionado con anterioridad, el INE presenta datos con respecto a materiales de construcción para paredes, techos y pisos. En este estudio se ha seleccionado solamente el tipo de material de paredes para asociarse a la EME-98. Adicionalmente, un análisis de cómo están planteadas las clases de vulnerabilidad en esta escala hace necesario agrupar los datos de los censos en clases específicas que se presentan a continuación en la tabla 6

Tabla 5: Grados de intensidad para Departamentos de Guatemala

Departamento	Grado de Intensidad
Guatemala	VIII
Sacatepéquez	VIII
El Progreso	VIII
Zacapa	VIII
Izabal	VIII
Baja Verapaz	VIII
Chimaltenango	VIII
Sololá	VIII
Totonicapán	VIII
Quetzaltenango	VIII
San Marcos	VIII
Retalhuleu	VIII
Suchitepéquez	VIII
Escuintla	VIII
Santa Rosa	VIII
Huehuetenango	VII
Quiché	VII
Alta Verapaz	VII
Chiquimulá	VII
Jutiapa	VII
Jalapa	VII
Petén	VI

Tabla 6: Adaptación de datos de los censos a las clases de vulnerabilidad de la EME-98.

Clase de vulnerabilidad (EME-98)	Materiales de pared considerados en esta clase - Censos del INE	Comentario
Clase A: adobe	Viviendas con paredes de adobe o bajareque	Se consideran como equivalentes para efectos de la EME-98
Clase A: otros	Viviendas con otros tipos de materiales de construcción, incluyendo lámina.	Este tipo de vivienda se incorpora en la clase más vulnerable por falta de información detallada sobre su respuesta en caso de sismos. Abarca paredes de lámina, lepa o caña y otros materiales
Clase C: reforzada o confinada	Viviendas con paredes de ladrillo, bloque o concreto	Se asume que todas las viviendas con paredes de bloque, ladrillo o concreto están confinadas con vigas y columnas de concreto
Clase C: madera	Viviendas con paredes de madera	Se considera como tal para efectos de la EME-98

El proceso de análisis se muestra en la figura 4. Una vez transformado el mapa de amenaza en uno de intensidad, se procesan los datos de los censos de INE en base a la estructura de la EME-98 con respecto a clases de vulnerabilidad para obtener información sobre daños potenciales a viviendas en cada uno de los Departamentos de la República considerando los grados de daños propuestos por esta escala.

Debido a que el mapa de amenaza se ha elaborado utilizando un procedimiento probabilístico basado en catálogos de sismos históricos de toda la República, la interpretación del riesgo sísmico debe hacerse a nivel de cada Departamento con un mismo enfoque probabilístico. En tal sentido es necesario considerar que el mapa de amenaza representa la existencia de una probabilidad del 10% de que en los siguientes 50 años se manifieste un sismo que sobrepase en cada sitio de la República el valor de aceleración pico del suelo presentado en el mapa. Transformando estas nociones de amenaza a intensidades, se diría que existe un 10% de probabilidad de que en 50 años se manifieste un sismo en el Departamento de Baja Verapaz, así como en muchos otros Departamentos que genere intensidades por encima de la intensidad de grado **VIII** y de que en los Departamentos de

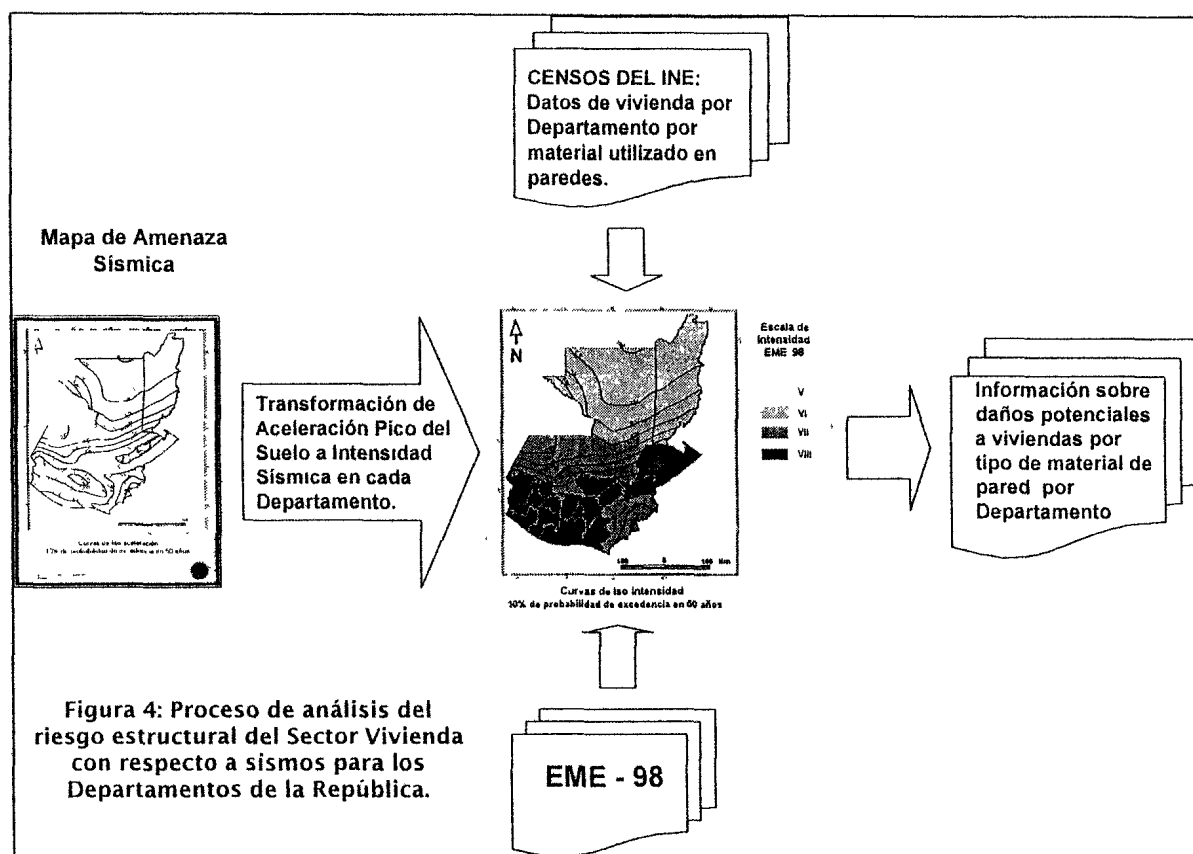


Figura 4: Proceso de análisis del riesgo estructural del Sector Vivienda con respecto a sismos para los Departamentos de la República.

Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz, Chiquimula, Jutiapa y Jalapa se generen intensidades por encima del grado **VII** como se presenta en la figura 3.

El riesgo estructural de las viviendas que se obtiene mediante este análisis debe entonces asociarse a este enfoque probabilístico. En el contexto de las viviendas en los Departamentos de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz y otros Departamentos de la zona oriental a los cuales se les asignó una intensidad de grado VII, la interpretación debe ser que existe un 10% de probabilidad en 50 años de que como producto de un sismo se excedan los siguientes impactos: *muchas viviendas de adobe, bajareque y de otros tipos de materiales de construcción no convencionales sufren daño sustancial a severo, incluyendo daño estructural moderado, mientras que pocas de estas viviendas sufren daño estructural muy severo, incluyendo daño estructural severo.* En contraste, *muchas viviendas de bloque, ladrillo, concreto o madera no sufren daños o solamente daño leves y pocas viviendas de este tipo sufren daños moderados incluyendo daño estructural leve.*

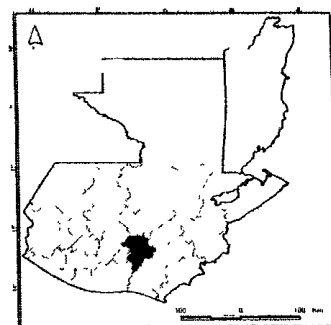
En el caso de Baja Verapaz, así como en el caso de muchos de los Departamentos de la República caracterizados con intensidad VIII se debe entender el riesgo probabilístico de la siguiente manera: existe un 10% de probabilidad en 50 años de un sismo provoque estos o mayores daños a los siguientes: *muchas viviendas de adobe, bajareque y de otros tipos de materiales de construcción no convencionales sufren daños estructurales muy severos y pocas experimentan destrucción (daño*

estructural muy severo). Pocas viviendas de bloque, ladrillo, concreto o madera sufren daños moderados incluyendo daño estructural leve.

En las siguientes secciones se presentan los resultados obtenidos para cada Departamento de la República, así como una discusión temática sobre las tendencias que se han manifestado en las últimas décadas. Se podrá reconocer como el terremoto de 1976 modificó estas tendencias asociadas al uso de diversos materiales de construcción, particularmente en aquellos que fueran severamente afectados. De igual manera se pudo observar como han sido las tendencias en todos los departamentos en la última década. Posteriormente se presenta los resultados del análisis comparativo de los riesgos probabilísticos de todos los departamentos, una comparación de la situación existente en la actualidad en torno al sector vivienda y en 1973 y se complementa el análisis con la discusión de los factores que están propiciando la generación de estos riesgos en los diversos departamentos de la República. El documento finaliza con una serie de conclusiones y recomendaciones sobre como afrontar tales riesgos sísmicos.

Departamento de Guatemala

El Departamento de Guatemala es el más poblado de todos los que componen la República, sobretodo por contener al Distrito Metropolitano que alberga a la capital del país. Como un país típico en vías de desarrollo, la centralización ha hecho que el distrito metropolitano compuesto de varios municipios experimente un crecimiento incontrolado basado en factores de crecimiento poblacional y migración desde zonas rurales por ciudadanos en búsqueda de oportunidades y mejor calidad de vida.



La Tabla 7 presenta la evolución temporal del sector vivienda en las últimas décadas. En el año 1964 el INE indicaba que en este Departamento existía un total de 146,905 viviendas. Para el año 2002, el número de viviendas ascendió a 619,304. Eso significa que el número de viviendas ha aumentado cuatro veces en estas cuatro décadas.

Tabla 7: Evolución de la vivienda en el Departamento de Guatemala según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo-bloque - cemento	adobe	madera	Lámina	bajareque	palo/caña	otro	piedra	total
2002	511629	35614	29300	33565	1654	4113	3429		619304
1994	253592	40210	27696	13210	1063	13212	10094		359077
1981	129433	57651	42181	9022	2691	16775	5967		263720
1973	47824	75303	3781		11652	14904	1619		155083
1964	24450	85262	17590		7102	11282	1001	218	146905

Con respecto a las tendencias en lo que corresponde a materiales de construcción para viviendas, como es de esperarse la construcción utilizando bloque, ladrillo o concreto ha sobresalido en décadas recientes. En lo que respecta al adobe, en 1964 en el Departamento de Guatemala había más viviendas de adobe que de bloque o ladrillo. Sin embargo, gradualmente se ha ido reduciendo el número de viviendas de adobe a lo largo de las décadas. Es interesante notar como a partir de

1981 los datos de los censos reflejan el uso de lámina como material para pared, debido a que esta práctica se inició como medida temporal a consecuencia del terremoto de 1976.

La adaptación con respecto al

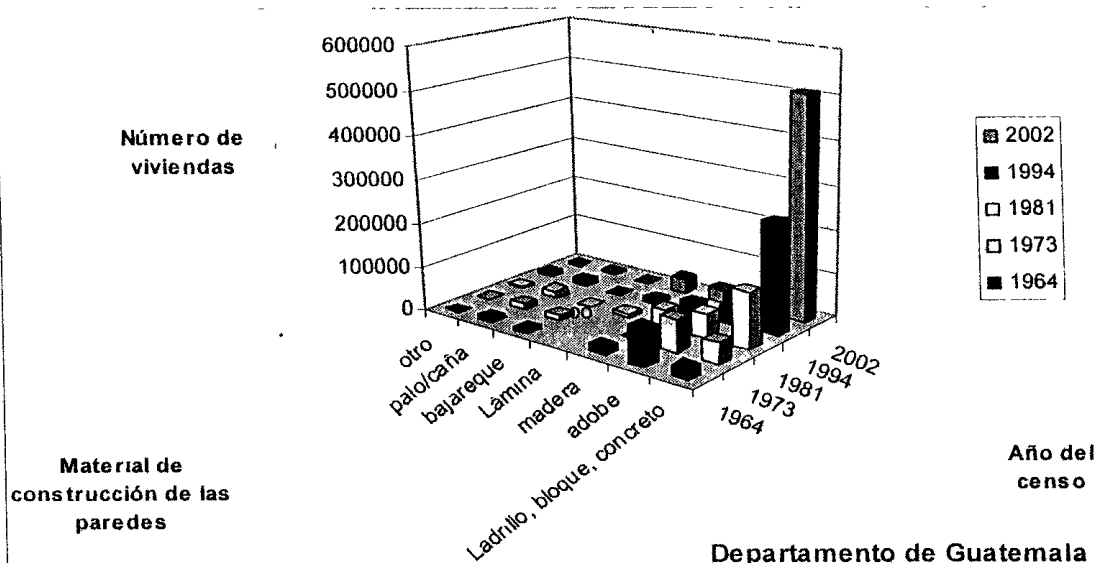


Figura 5: distribución de viviendas según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

uso de bloque, ladrillo y concreto para vivienda migrando desde el adobe y el bajareque es algo que se viene manifestando de manera consistente a lo largo de las cuatro décadas. Seguramente, esto se explica en base a la lección aprendida del terremoto con respecto a construcciones de adobe y techo de teja, o bien de bajareque con el mismo tipo de techo, pero bajo la condición de existencia de suficientes recursos económicos para poder sufragar los costos adicionales que estos materiales de construcción requieren. El uso de madera como material de construcción tuvo un ascenso grande como consecuencia del terremoto, pero se ha reducido drásticamente el número de viviendas de madera entre 1981 y 1994.

En el contexto de riesgos, el uso de la EME-98 implica la unificación de viviendas de acuerdo a diversos tipos de materiales de construcción.

En 1964 dominaban el panorama de la vivienda las construcciones de adobe o bajareque, pero a lo largo de varias décadas esta tendencia se ha reducido notablemente, a tal punto que para el año

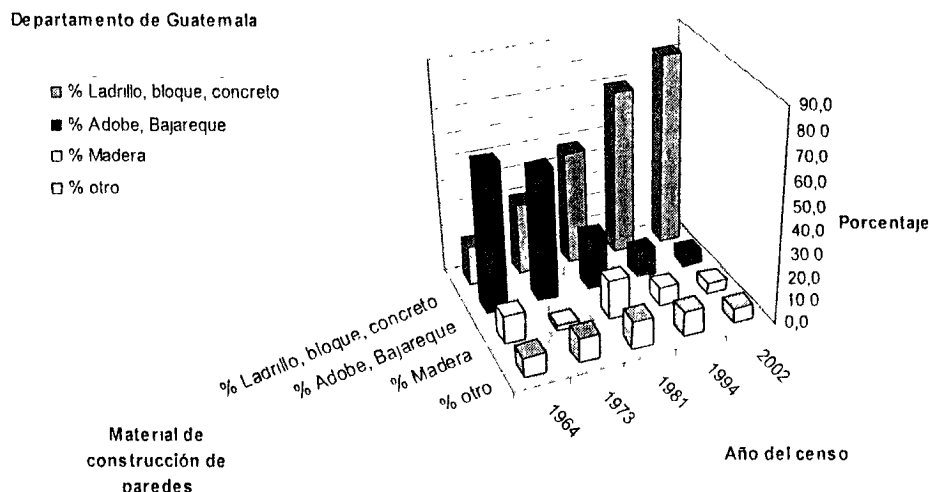


Figura 6: distribución en porcentaje de viviendas según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

2002 la mayoría de viviendas están construidas con paredes de ladrillo, bloque o concreto.

La tabla 8 muestra que para el año 2002 las viviendas con paredes de bloque, ladrillo o concreto abarcaban prácticamente el 83% de todas las viviendas en el Departamento. De manera similar se puede observar como el porcentaje de viviendas con paredes de adobe o bajareque se ha reducido a lo largo de 4 décadas del 63% al 6% para el año 2002. El uso de madera en las paredes de vivienda tuvo su auge en los años que siguieron al terremoto, pero para el 2002 el porcentaje de viviendas con paredes de madera se ha reducido al 4,7%. Finalmente, en lo que respecta al uso de otros tipos de materiales de construcción, este tuvo un descenso en la última década.

En el contexto de riesgo sísmico, el Departamento de Guatemala está situado en una región geográfica donde existe una probabilidad del 10% de que en los siguientes 50 años haya un sismo que exceda una intensidad de grado VIII. La tabla 3 indica que en el caso de un sismo de este grado se puede esperar los siguientes tipos de daños:

Tabla 8: Evolución de la vivienda en el Departamento de Guatemala según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% otro
2002	82,6	6,0	4,7	6,6
1994	70,6	11,5	7,7	10,2
1981	49,1	22,9	16,0	12,0
1973	30,8	56,1	2,4	10,7
1964	16,7	63,0	12,0	8,4

“Muchas viviendas de adobe, bajareque y de otros materiales de construcción no convencionales sufren daños muy severos y pocas sufren destrucción o daño estructural muy severo. Muchas viviendas de paredes de bloque, ladrillo o concreto y de madera bien construidas sufren daños de tipo moderado, incluyendo daño estructural leve y pocas sufren daños sustanciales a severos.”

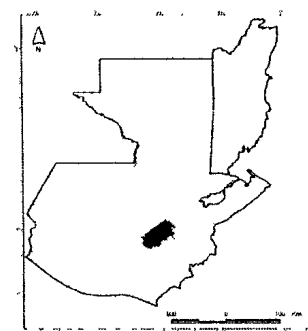
Adaptando este texto a la tabla 8 se puede concluir que existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: *del 87% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto y madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 13% de las viviendas (las que están construidas con paredes de adobe, bajareque y otros materiales no convencionales), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.*

El uso de porcentajes de daños en viviendas a nivel departamental es de mucha relevancia porque brinda una idea sobre si el Departamento experimentará un desastre cuando un gran porcentaje de sus viviendas experimente daños graves o destrucción o bien, solo una emergencia asociada a un pequeño porcentaje.

De acuerdo a los datos presentados por SEGEPLAN con respecto a los daños ocasionados por el terremoto de 1976 (SEGEPLAN, 1976), en el Departamento de Guatemala el terremoto destruyó 99,172 viviendas. Tomando la EME-98 como base y los datos para el censo de 1973, se puede estimar que entre 43,000 y 87,000 viviendas con paredes de adobe o bajareque tendrían que haber experimentado daños estructurales muy severos, así como entre 8,000 y 16,500 viviendas de otro tipo de material no convencional. De manera similar, tal terremoto tendría que haber destruido del orden de 13,000 viviendas de adobe o bajareque y del orden de 2,500 viviendas con paredes de otros tipos de materiales no convencionales y debería haber ocasionado daños estructurales leves a cerca de 7,000 viviendas de bloque o ladrillo y cerca de 600 viviendas de madera. Sumando los totales máximos propuestos con este método se llega a un total de 15,500 viviendas de adobe, bajareque, así como de otros tipos de materiales no convencionales que deberían haber sido destruidas totalmente y hasta 103,500 viviendas deberían haber experimentado daños estructurales severos, incluyendo serias fallas en sus muros y colapso parcial de techos. Este resultado preliminar permite asignar un grado de confianza al método propuesto.

Departamento de El Progreso

El Departamento de El Progreso yace en una zona montañosa y es atravesado por la falla del Motagua. Para el terremoto de 1976 muchas de sus comunidades experimentaron daños y destrucción producto de este terremoto. Sin embargo, en la actualidad la presencia de la Planta San Miguel de producción de cemento en este Departamento puede ser una fuente de recursos locales para disminuir la vulnerabilidad del sector vivienda con respecto a sismos.



Como se observa en la Tabla 9, en el año 1964 el INE indicaba que en este Departamento existía un total de 12,953 viviendas. Para el año 2002, el número de viviendas ha ascendido a 36,181. Eso significa que en cuatro décadas el número de viviendas ha aumentado casi tres veces, por debajo del mismo factor con respecto al Departamento de Guatemala.

La figura 7 presenta la distribución de viviendas de acuerdo al material de construcción de sus paredes. Como se observa, en El Progreso la construcción de viviendas con paredes de bloque, ladrillo, o cemento tomó auge en la década de los 80s, aunque el adobe y el bajareque aún persisten en este Departamento. Es interesante notar que entre 1964 y 1973, prácticamente no existían viviendas con paredes de bloque o ladrillo en esta zona caracterizada como de pobreza. La mayor cantidad de viviendas estaba construida con paredes de adobe o bajareque y una proporción con lepa, palo o caña

Tabla 9: Evolución de la vivienda en el Departamento de El Progreso según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	18956	9685	2483	370	4007	534	146		36181
1994	7515	7682	1704	97	3894	1112	151		22155
1981	3548	6318	3224	96	3335	2127	402		19050
1973	100	8755	3696		721	2956	147		16375
1964	48	5226	822		3991	2687	172	7	12953

El terremoto de 1976 tuvo un impacto severo en este Departamento que se reflejó temporalmente en la reducción del uso del adobe y del bajareque, aunque en décadas posteriores se ha retomado esta costumbre de construir

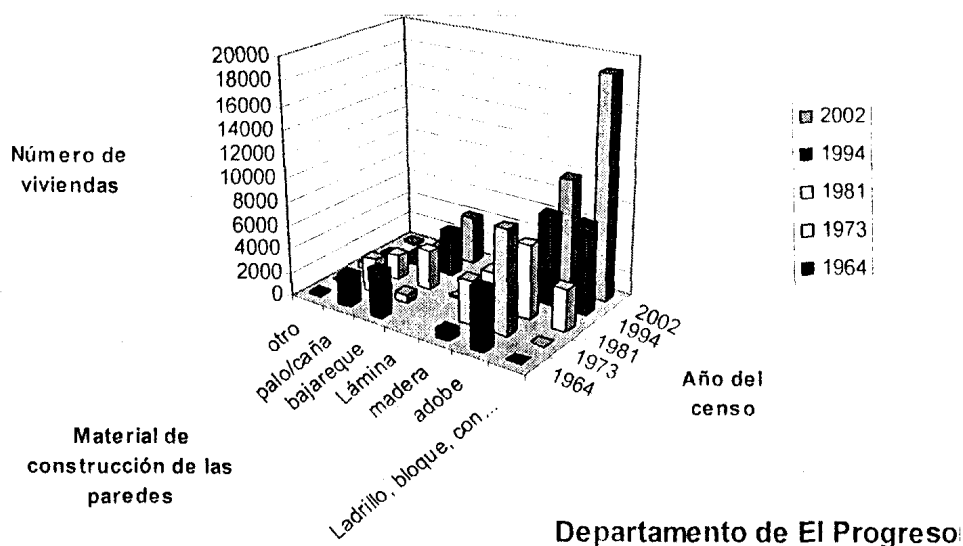


Figura 7: distribución de viviendas para el Departamento El Progreso según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

viviendas con paredes de adobe o bajareque, algo que se puede atribuir a la pobreza.

La tabla 10 muestra la evolución de la vivienda en términos de porcentajes con respecto a materiales de construcción. Entre 1964 y 1973 prácticamente un 15% de las viviendas de adobe o bajareque se transformaron en viviendas de madera. La tabla permite también observar que los cambios más drásticos en los

Tabla 10: Evolución de la vivienda en el Departamento de El Progreso según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	Ladrillo bloque concreto	Adobe Bajareque	Madera	otro
2002	52,4	37,8	6,9	2,9
1994	33,9	52,3	7,7	6,1
1981	18,6	50,7	16,9	13,8
1973	0,6	57,9	22,6	18,9
1964	0,4	71,2	6,3	22,1

patrones de vivienda con paredes de adobe o bajareque sufren mayores cambios en la década de los 60s y en la última década. El uso de madera como material para viviendas aumentó en los 70s y 80s pero se vio reducido en porcentajes en los 90s, así como el uso de otros tipos de materiales de construcción como la lepa.

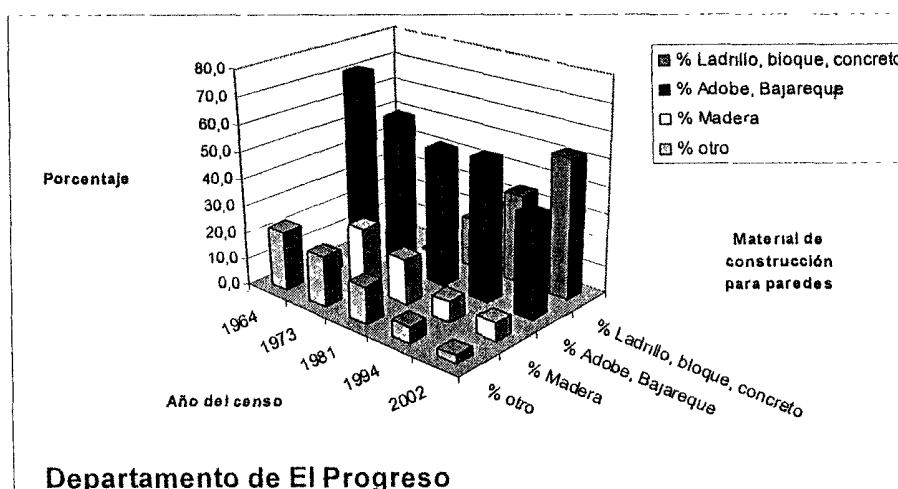
La figura 8 muestra los datos de la tabla 10 en forma gráfica. Considerando que en este Departamento existe un 10% de probabilidad de que se manifiesten sismos de intensidad VIII o mayor en la escala EME-98, el riesgo se expresaría de la siguiente manera: *existe un 10% de probabilidad que en los siguientes 50 años se excedan en este departamento los siguientes impactos: del 60% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 40% de las viviendas (las de adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.*

Comparando los resultados de este Departamento con los del Departamento de Guatemala se puede concluir que en El Progreso podría haber menos daños en términos absolutos de viviendas, pero en proporción o porcentaje se esperarían mayores daños. De acuerdo a los datos del censo 2002, se puede esperar que un elevado número de viviendas de adobe o bajareque experimenten daños estructurales severos en caso de un terremoto como el que se sugiere en el mapa de amenaza.

En el contexto histórico del terremoto de 1976, en el reporte técnico de SEGEPLAN se estimó que 14,403 viviendas fueron destruidas en este Departamento. Tomando los datos del censo de 1973, el modelo propone la destrucción total de cerca de 1,400 viviendas de adobe o bajareque y 450 viviendas de otros

tipos. De manera similar, el modelo propone que entre 4,700 y 9,500 viviendas de adobe o bajareque tendrían que haber experimentado daños estructurales muy severos y entre 1,500 y 3,100 viviendas de otros tipos deberían haber experimentado daños igualmente severos. Si se suman los totales de viviendas destruidas o severamente dañadas en su estructura se llega a un total del orden de 14,500 viviendas, que se acerca al número de viviendas destruidas de acuerdo a SEGEPLAN en 1976.

Un aspecto importante a notar es el aumento en las construcciones de viviendas con paredes de adobe y bajareque en años recientes como se ilustra en la tabla 9 y en la figura 7, lo que puede implicar que en este Departamento se repita un número similar o aun mayor de viviendas destruidas por terremoto al número de viviendas destruidas en 1976, en vista que la pobreza que existe en este



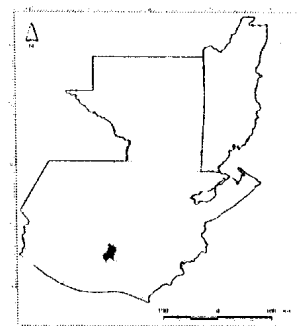
Departamento de El Progreso

Figura 8: distribución en porcentaje de viviendas según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002 para el Departamento El Progreso. Fuente: Censos del INE.

departamento impide a un número significativo de sus habitantes tener acceso a materiales de construcción como el bloque y el ladrillo y a técnicas de construcción sismo-resistentes. En el año 2001 SEGEPLAN publicó su estudio sobre la pobreza en Guatemala (SEGEPLAN, 2001) donde indica que el Departamento de El Progreso tiene un porcentaje de pobreza del 54.8% y un índice de extrema pobreza de 18.13%. Como se verá más adelante, este no es el único Departamento de la República donde se observa un aumento en el uso del adobe y el bajareque como materiales de construcción, motivo por el cual se debe empezar a analizar que opciones se le pueden brindar a la población de escasos recursos en estos departamentos para reducir la vulnerabilidad existente y para que no aumenten en las siguientes décadas.

Departamento de Sacatepéquez

El Departamento de Sacatepéquez es uno de los de mayor riqueza cultural y económica del país debido a la ciudad turística Antigua que aglomera un elevado número de establecimientos para el turismo. Cuna de antiguas capitales, este Departamento se ha beneficiado del desarrollo económico fruto del turismo, la plusvalía en el costo de la tierra y su productividad agrícola, lo que le ha hecho situarse como el segundo departamento con menor índice de pobreza en Guatemala después del Departamento de Guatemala (SEGEPLAN, 2001).



Como se observa en la tabla 11, en 1964 existían 14,912 viviendas en este Departamento y este número se elevó a 54,366 para el año 2002. Como en el caso de los Departamentos de Guatemala y El Progreso, en los 60s había un predominio del adobe como material de construcción, aunque en este departamento también para esa fecha existía un número considerable de viviendas de palo, lepa o caña, asociada al sector étnico indígena que reside en dicho departamento.

Tabla 11: Evolución de la vivienda en el Departamento de Sacatepéquez según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	44898	2673	2673	1256	325	2260	281		54366
1994	18273	3295	2459	871	175	6152	490		31715
1981	6095	4058	4450	919	183	6377	1059		23141
1973	1083	10002	263		959	5760	169		18236
1964	533	7327	817		285	5742	41	167	14912

El terremoto del 4 de Febrero de 1976 tuvo un impacto drástico en el uso del adobe, el bajareque, el bloque y el ladrillo. La figura 9 basada en los datos de la tabla 9 muestra claramente el abandono del adobe como material de construcción de viviendas después del terremoto y la selección del bloque, el ladrillo o el concreto como material preferencial. Además, es interesante notar como en la última década las viviendas de palo, lepa, o caña han sido reemplazadas por viviendas con otro tipo de material de construcción, posiblemente el bloque que es ahora común en muchas regiones del país.

En lo que respecta a porcentajes de viviendas y su material de construcción, la tabla 12 indica que en el caso del Departamento de Sacatepéquez prácticamente el 87% de viviendas presenta una baja vulnerabilidad. Sin embargo, de acuerdo al esquema de amenaza sísmica propuesto en términos de intensidades, Sacatepéquez está situado en una región geográfica donde se podrían esperar sismos de intensidad de grado VIII. En términos de vivienda, el riesgo se expresaría de la siguiente manera:

existe un 10% de probabilidad que en los siguientes 50 años se excedan en este departamento los siguientes

impactos: del 88% de las viviendas en este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de

ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 12% de las viviendas (adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas

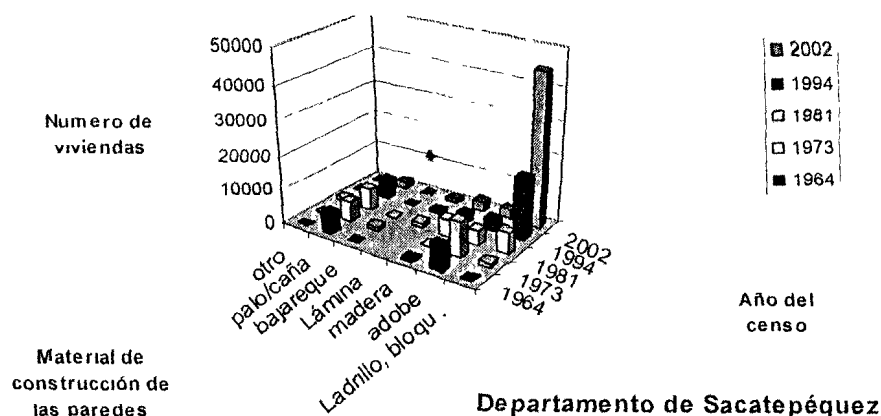


Figura 9: distribución de viviendas para el Departamento Sacatepéquez según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

Tabla 12: Evolución de la vivienda en el Departamento de Sacatepéquez según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

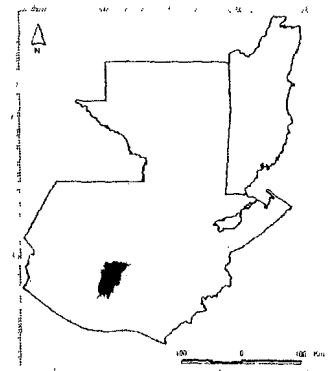
Año del Censo	% Ladrillo Bloque concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	82,6	5,5	4,9	7,0
1994	57,6	10,9	7,8	23,7
1981	26,3	18,3	19,2	36,1
1973	5,9	60,1	1,4	32,5
1964	3,6	51,6	5,5	39,2

materiales no convencionales. Además del orden de 2,500 viviendas de estos materiales deberían haber sido destruidas. En este caso se observa un mejor apego entre lo propuesto por el modelo con los resultados propuestos por la entidad nacional.

Para el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó que en el Departamento de Sacatepéquez se destruyeron 11,863 viviendas. Tomando los datos del censo de 1973, el modelo propuesto en este documento estima que entre 5,500 y 11,000 viviendas de adobe o bajareque tendrían que haber experimentado daños muy severos, así como entre 3,000 y 6,000 viviendas de otros tipos de

Departamento de Chimaltenango

El Departamento de Chimaltenango fue uno de los más afectados por el terremoto de 1976. La combinación más vulnerable de paredes de adobe y techo de teja se manifestó muy ampliamente en viviendas a lo largo de todo este Departamento, que aun mantiene la tradición de manufacturar ladrillo y tejas de barro cocido. La tabla 13 muestra el impacto que tuvo el terremoto en el sector vivienda, al reducirse en una década (1973 – 1981) el número de viviendas de adobe de manera considerable. De 23,808 viviendas en 1973 se redujo a 6,869 viviendas para 1981.



Como muestra la tabla, para 1964 el INE reportó 32,330 viviendas en el Departamento de Chimaltenango. Cuatro décadas después el Departamento cuenta con 93,634 viviendas.

Como se observa en la figura 10, la tendencia en Chimaltenango en décadas recientes ha sido la de adoptar por una parte la nueva técnica de construcción de viviendas utilizando bloque, ladrillo, o concreto; pero como en el caso de El Progreso, la práctica de adobe no cesa en la medida en la cual la pobreza es amplia en sectores rurales del departamento. De acuerdo a SEGEPLAN, en el año 2001 Chimaltenango se caracterizaba con un porcentaje de pobreza de 57.92% y con un porcentaje de pobreza extrema del 13.46%. La pobreza que existe en diversas regiones de este departamento impide a su población agenciarse vivienda segura, motivo por el cual no se abandonan las prácticas de construcción con adobe y bajareque. Sin embargo, en décadas recientes se ha visto una reducción en el uso de lepa, palo, o caña para la construcción de viviendas. En contraste, el uso de madera solo se manifestó durante el proceso de reconstrucción, llegando en el censo de 1981 a contarse 13,217 viviendas de madera. En décadas recientes este número se ha reducido casi hasta la mitad.

Tabla 13: Evolución de la vivienda en el Departamento de Chimaltenango según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	55288	21780	7009	1975	4534	2694	354		93634
1994	22280	16294	7402	1556	3525	6669	310		58036
1981	10986	6869	13217	1763	2460	11830	1496		48621
1973	1296	23808	2858		2173	7367	363		37865
1964	1753	16678	2019		3437	8179	180	84	32330

En el contexto de porcentajes de viviendas con paredes de bloque, adobe, madera u otro material, los datos del INE reflejan la típica tendencia donde el adobe y el bajareque dominaban el panorama en 1964 para ser reemplazados por el ladrillo y el bloque o el concreto para el año 2002. La

tabla 14

también muestra que para 1981, la madera llegó a su máximo porcentaje, 27.2%, mientras que el adobe y el bajareque tuvieron su porcentaje más elevado durante los 70s, antes del terremoto.

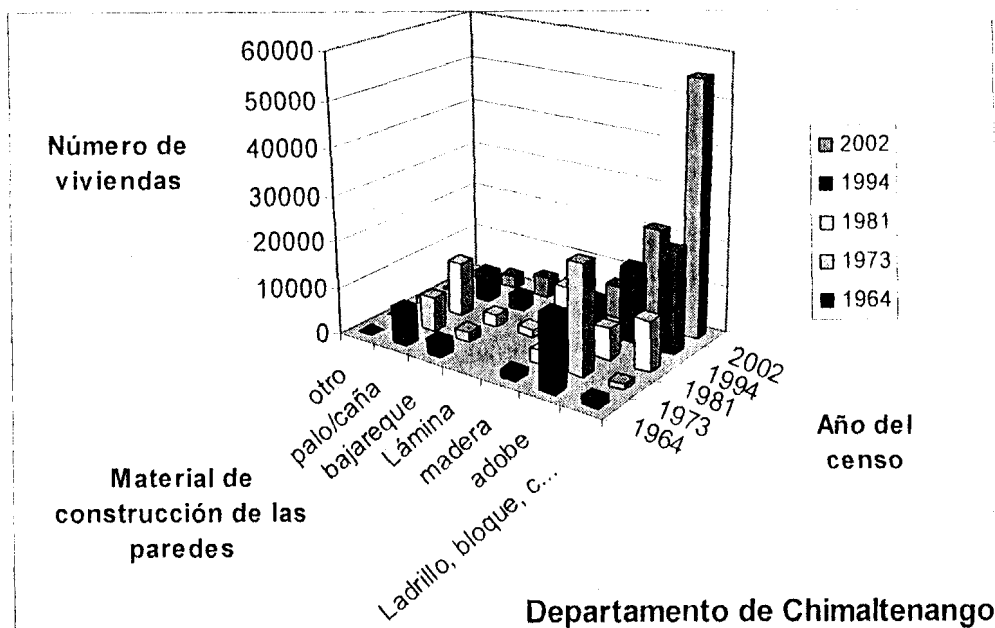


Figura 10: distribución de viviendas para el Departamento Chimaltenango según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

En lo que respecta a sismicidad, Chimaltenango se clasifica como un departamento donde existe una probabilidad del 10% en 50 años de que se excedan sismos con intensidades de grado VIII. El riesgo se representa de la siguiente manera: *existe un 10% de probabilidad en los siguientes 50 años que se excedan en este departamento los siguientes impactos: del 67% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 33% de las viviendas (adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.*

En su reporte de 1976, SEGEPLAN estimó que en Chimaltenango el terremoto destruyó 40,636 viviendas. Utilizando los datos del censo de 1973 el modelo propuesto arroja los siguientes resultados: entre 13,000 y 26,000 viviendas de adobe o bajareque y entre 3,800 y 7,700 viviendas de otros materiales tendrían que haber experimentado daños muy severos

y cerca de 5,000 viviendas deberían haber sido destruidas. Aun considerando los valores más altos de estos intervalos el modelo propuesto en este caso no llega a las 40,636 viviendas reportadas por SEGEPLAN. Para explicar esta diferencia es necesario notar que en 1973 el INE reportó 37,865 viviendas. Una simple interpolación del número de viviendas entre 1973 y 1981 indicaría que para 1976 habría del orden de 42,000 viviendas. Esto implicaría que 97% de todas las viviendas tendrían que haber experimentado desde daños estructurales muy severos hasta destrucción total.

Como en el caso de El Progreso, en Chimaltenango la pobreza existente conlleva a la incapacidad de un segmento de la población a agenciarse vivienda segura en términos de bloque, ladrillo y diseños sismo-resistentes, motivo por el cual en ambos departamentos se retorna a la práctica de construir viviendas de adobe o bajareque. Por lo tanto es necesario encontrar soluciones al problema de la vivienda segura para población de escasos recursos, pues de lo contrario para el siguiente terremoto Chimaltenango puede experimentar graves daños en vista que el número de viviendas de adobe o bajareque está aumentando en las décadas recientes y ya está alcanzado las cifras de 1973 de nuevo.

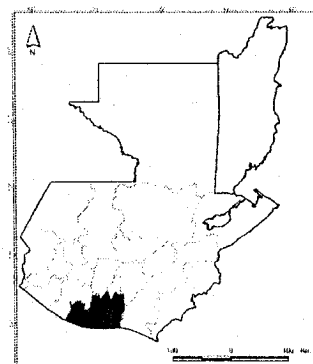
Tabla 14: Evolución de la vivienda en el Departamento de Chimaltenango según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, bajareque	% Madera	Otro
2002	59,0	28,1	7,5	5,4
1994	38,4	34,1	12,8	14,7
1981	22,6	19,2	27,2	31,0
1973	3,4	68,6	7,5	20,4
1964	5,4	62,4	6,3	25,9

Departamento de Escuintla

El Departamento de Escuintla situado frente a las costas del Pacífico es uno de los más productivos del país. La producción de caña de azúcar, energía y la operación de Puerto Quetzal en sus costas son fuente de empleo e ingresos para muchos de sus vecinos.

La tabla 15 presenta los datos sobre como ha evolucionado el sector vivienda en este departamento. En 1964 se contaba con 50,626 viviendas y para el año 2002 este número ha aumentado hasta 128,877 viviendas. Como en otros Departamentos de la República,



en la actualidad el bloque, el ladrillo y el concreto dominan la construcción, aunque en los sesentas la práctica típica en Escuintla era de viviendas de madera, de palo o de caña.

Como el tercer Departamento de la República con menor porcentaje de pobreza, Escuintla muestra una transición en el sector de vivienda transformando viviendas antiguamente de madera, palo o caña a viviendas de bloque, ladrillo, o concreto. Además, a diferencia de los otros departamentos situados en el Altiplano, en Escuintla la construcción de viviendas con adobe o bajareque no ha sido común y es mínima en comparación al bloque y la madera como se observa en la figura 11.

Tabla 15: Evolución de la vivienda en el Departamento de Escuintla según el material

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	97100	1821	17133	6677	591	4243	1312		128877
1994	46035	1770	15127	3083	510	8251	1831		76607
1981	24941	3223	24582	1450	832	12993	1930		69951
1973	8294	3034	21776		1234	17079	688		52105
1964	4522	2768	23578		635	18366	603	154	50626

de construcción de las paredes.

Con respecto a porcentajes en lo que respecta a materiales de construcción de vivienda, en Escuintla en el año 1964 había un 46.7% de viviendas de madera, 37.6% de viviendas de lepa, palo, o caña y solamente 9% de viviendas de ladrillo o bloque. En la actualidad hay 75.3% de viviendas de

ladrillo o bloque o concreto y 13.3% de viviendas de madera.

Considerando que Escuintla está situada en una zona geográfica donde existe un 10% de probabilidad de excedencia de sismos con intensidades de grado VIII en los siguientes 50 años, los datos del censo del 2002 permiten modelar el riesgo del sector vivienda de la siguiente manera: en

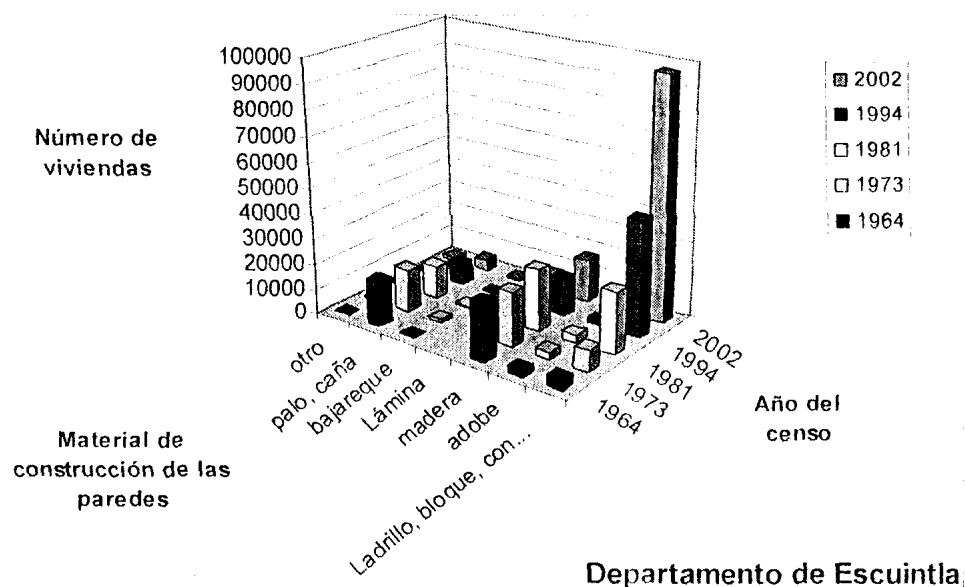


Figura 11: distribución de viviendas para el Departamento Sacatepéquez según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

Tabla 16: Evolución de la vivienda en el Departamento de Escuintla según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, bajareque	% Madera	% Otro
2002	75,3	1,9	13,3	9,5
1994	60,1	3,0	19,7	17,2
1981	35,7	5,8	35,1	23,4
1973	15,9	8,2	41,8	34,1
1964	9,0	6,7	46,7	37,6

Escuintla existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos del 89% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 11% de las viviendas (adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas

Aunque Escuintla está cerca de la zona de subducción, la baja proporción de viviendas vulnerables hace pensar que Escuintla no sufrirá daños graves en términos de viviendas como en el caso de otros departamentos del Altiplano. Una confirmación de este planteamiento se puede deducir considerando los pocos impactos que provocó el fuerte sismo que tuvo su epicentro en este departamento el 13 de junio del 2007, que de acuerdo al USGS tuvo una magnitud de 6.8 grados en la Escala Richter, aunque el INSIVUMEH le asignó una magnitud menor.

Departamento de Santa Rosa

El Departamento de Santa Rosa también está situado frente a las costas del Pacífico, aunque es menos productivo que Escuintla. Como se puede observar en la tabla 17, para 1964 en el Departamento de Santa Rosa existían 29,508 viviendas, muchas de adobe o bajareque y otro número similar de madera de palo o caña. Para el año 2002 el número total de viviendas ha aumentado a 74,319. Sin embargo, se nota claramente el aumento en el número de viviendas de adobe y de bloque o ladrillo. En contraste, el número de viviendas de bajareque se ha reducido prácticamente hasta la mitad y el número de viviendas de palo o caña se ha reducido a casi una cuarta parte de lo que era en 1962.

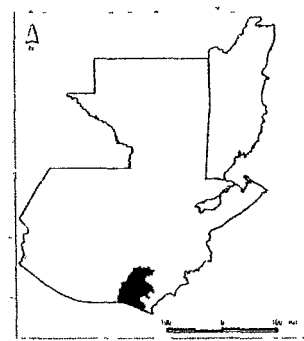


Tabla 17: Evolución de la vivienda en el Departamento de Santa Rosa según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	37524	23417	6638	950	2906	2532	352		74319
1994	15966	18237	5109	517	3197	5121	444		48591
1981	5428	15796	5019	398	4267	6692	1403		39003
1973	1734	13356	5290		4113	8345	812		33650
1964	952	9586	3389		5886	8961	499	235	29508

La figura 12 muestra de manera gráfica como ha evolucionado este sector vivienda a lo largo de las décadas. En particular, la gráfica permite notar el auge del bloque y el ladrillo como materiales de construcción, pero también el aumento en el número de viviendas de adobe y en menor grado el aumento del uso de madera como material de construcción. De manera similar, la gráfica permite apreciar como se ha reducido de manera consistente el número de viviendas de bajareque y de palo o caña

La tabla 18 presenta los mismos datos en términos de porcentajes. Para 1964 el 53% de viviendas era de adobe o bajareque, aunque para el año 2002 este porcentaje había disminuido a 35%. En contraste, el bloque, el ladrillo y el concreto pasaron de un 3% en 1964 a casi el 51% en el año 2002. Las viviendas de madera mantienen un comportamiento similar en porcentaje a lo largo de las

décadas, mientras que las viviendas de otros materiales como la lepa, la caña, la lámina y otros materiales no convencionales se reducen a lo largo de estas décadas hasta un 5%.

Con respecto a los terremotos, Santa Rosa puede clasificarse como una región donde existe un 10% de excedencia en los siguientes 50 años de sismos que tengan una intensidad de grado VII. En tal sentido, se propone que existe una

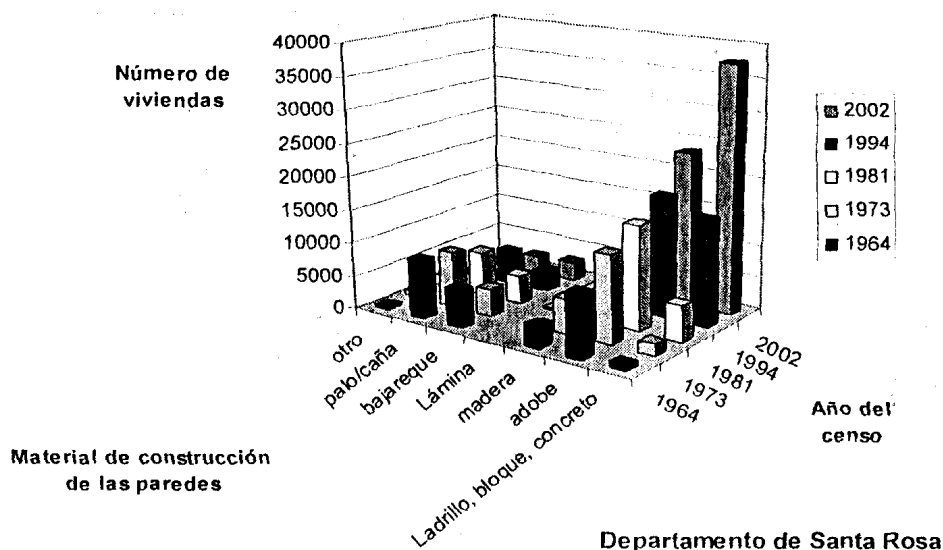


Figura 12: distribución de viviendas para el Departamento Sacatepéquez según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 59% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), pocas experimentarán daños moderados, mientras que del 41% de las viviendas (adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños sustanciales a severos y pocas daños muy severos, incluyendo daño estructural severo.

Un aspecto crítico que debe reconocerse en este Departamento, como en los Departamento El Progreso y Chimaltenango, es el aumento en el número de viviendas construida con adobe o bajareque, que se puede asociar al nivel de pobreza existente. El porcentaje de pobreza para el año 2001 en Santa Rosa es de 62.07% y el porcentaje de pobreza extrema es de 21.46%.

Con respecto al terremoto de 1976, el informe de SEGEPLAN no menciona daños a viviendas en este departamento, de tal manera que no se puede comparar los resultados del modelo con lo sucedido en dicho departamento.

Un mapa de intensidad desarrollado en 1976 por diversos autores sitúa la intensidad de este terremoto en los grados V y VI para este departamento (Kiremidjian et al, 1977). En este sentido, la tabla EME-98 indica que para estas intensidades solo se esperan daños leves, de grado 2 a lo sumo. Esto explicaría la ausencia de datos en el reporte de SEGEPLAN. Una situación similar se presenta para muchos departamentos de la costa sur

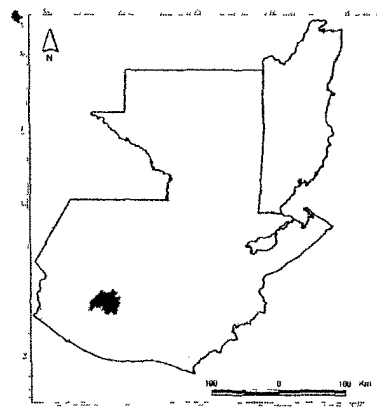
Tabla 18: Evolución de la vivienda en el Departamento de Santa Rosa según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, bajareque	% Madera	% Otro
2002	50,5	35,4	8,9	5,2
1994	32,9	44,1	10,5	12,5
1981	13,9	51,4	12,9	21,8
1973	5,2	51,9	15,7	27,2
1964	3,3	52,9	11,6	32,3

alejados de la falla del Motagua, que no experimentaron daños graves por la lejanía con respecto a la falla y el epicentro de tal terremoto.

Departamento de Sololá

El Departamento de Sololá es uno de los más pintorescos de Guatemala dado que abarca toda la cuenca del lago Atitlán. Como centro turístico, el lago es fuente de ingresos para algunas poblaciones situadas alrededor del lago, aunque otras poblaciones del Departamento experimentan un alto grado de pobreza. De acuerdo a SEGEPLAN, Sololá tiene un porcentaje de pobreza del 76.36% y un porcentaje de pobreza extrema del 32.62%.



La tabla 19 muestra los datos de viviendas para este Departamento. Como se observa, en 1964 había un total de 20,841 viviendas y para el año 2002 esta cifra se incrementó a 62,885. De la tabla se puede deducir que en Sololá en la década de los sesentas la construcción de viviendas se realizaba mayormente con adobe o bajareque, aunque también existía viviendas de madera. Con el pasar de las décadas se ha continuado esta práctica de construcción de viviendas con adobe y madera, aunque el bloque y el ladrillo han tomado auge, particularmente en la última década. En contraste, el uso de materiales como el bajareque, el palo, la caña y otros tipos de materiales no convencionales ha decaído en el mismo período. El impacto del terremoto de 1976 se observa más claramente en el caso de viviendas de bajareque que experimentaron un descenso, así como en el caso de la madera y el bloque o el ladrillo, que aumentaron de 1973 a 1981.

Tabla 19: Evolución de la vivienda en el Departamento de Sololá según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lamina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	24172	26395	9671	338	1229	845	235		62885
1994	6097	18294	7450	278	1356	3036	3172		39683
1981	1846	11422	6118	254	2581	5664	3099		30984
1973	226	11150	2303		3053	6739	1358		24829
1964	87	8514	2365		2560	6710	31	574	20841

La figura 13 muestra de manera gráfica la evolución temporal en estos patrones de vivienda. A diferencia de los otros departamentos mencionados, en Sololá aun predomina el uso del adobe como material de construcción, resultado de los altos índices de pobreza que experimenta este departamento.

Con respecto a estos datos en forma de porcentajes, la tabla 20 indica que en 1964 el 54.6% de las viviendas estaban construidas con adobe o bajareque, mientras que el 33.3% de las viviendas estaban construidas con otros materiales como el palo, la lepa y la caña. Para el año 2002, el porcentaje de viviendas construidas con ladrillo, bloque y concreto ha subido al 38.4%, mientras que las viviendas construidas con adobe, bajareque o lámina se redujeron a 43.9%.

En lo que respecta a la vulnerabilidad estructural de viviendas, Sololá se puede considerar como un departamento crítico en la medida en la cual más de 4 de cada 10 viviendas son altamente vulnerables. En poblados rurales donde predomina el uso de adobe o bajareque, un terremoto podría

casionar un desastre dado que dichos poblados no tendrían la capacidad para absorber las pérdidas manejar la situación emergente.

reconociendo que Sololá está catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia en 50 años de sismos de grado de intensidad VIII, se propone que existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 54% de las viviendas de este Departamento (que corresponden a las que están construidas con paredes de ladrillo,

bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 46% de las viviendas (adobe, lámina, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.

Para el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó en su informe que en el Departamento de Sololá quedaron destruidas 2,799 viviendas. Utilizando la metodología propuesta y los datos del censo de 1973 se estima que cerca de 2,100 viviendas de adobe o bajareque y cerca de 1,200 viviendas de otros materiales podrían ser destruidas totalmente, mientras de 7,000 y 14,000 viviendas de adobe o bajareque y entre 4,000 y 8,000 viviendas de otros tipos deberían experimentar daños estructurales severos. La diferencia entre los datos propuestos por el modelo y los datos observados y presentados en el reporte de SEGEPLAN se explica considerando que la intensidad reportada para el Departamento de Sololá con respecto al terremoto de 1976 se catalogó entre los grados V y VI, y no el grado VIII como lo propone el modelo. En este sentido hay que recordar que el modelo propone sismos en todas las zonas activas del país, mientras que el terremoto de 1976 tuvo un impacto geográfico localizado a lo largo de una falla en particular. Sin embargo, de manifestarse un terremoto que provoque intensidades de grado VIII en este Departamento, el grado de destrucción puede ser moderado debido al elevado número de viviendas de adobe y bajareque que existe en este Departamento y debido a la pobreza de sus habitantes, que les impedirá en la actualidad agenciarse en

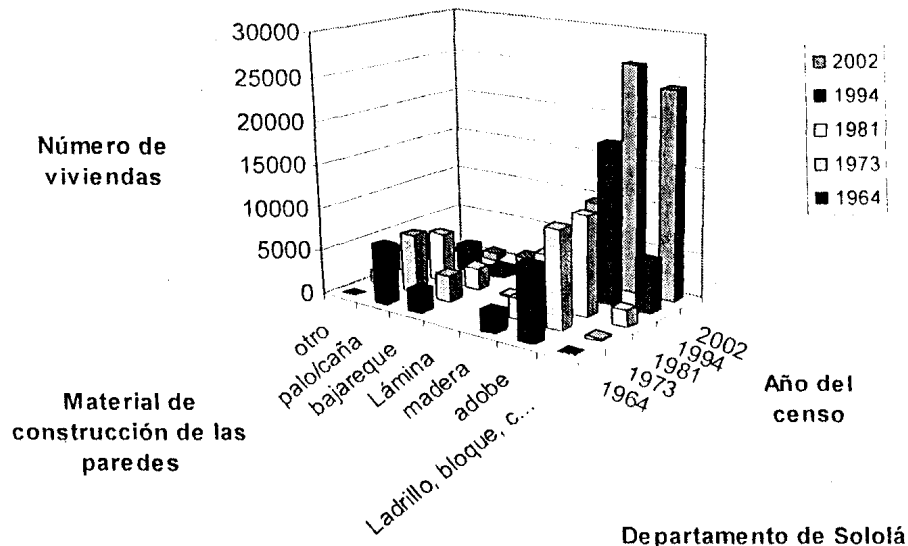


Figura 13: distribución de viviendas para el Departamento Sololá según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

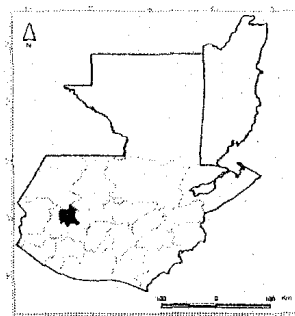
Tabla 20: Evolución de la vivienda en el Departamento de Sololá según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% otro
2002	38,4	43,9	15,4	2,3
1994	15,4	49,5	18,8	16,3
1981	6,0	45,2	19,7	29,1
1973	0,9	57,2	9,3	32,6
1964	0,4	54,6	11,7	33,3

muchos casos de viviendas menos vulnerables por sus bajos ingresos económicos.

Departamento de Totonicapán

El Departamento de Totonicapán es uno de los más pequeños del país junto con Sololá y Sacatepéquez. Severamente afectado por la pobreza, sobre todo en relación a su área geográfica, se le puede considerar como un departamento con alto índice de pobreza. De acuerdo al reporte de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza es de 85.62% y el porcentaje de alta pobreza es de 55.62%. Estas cifras lo ponen como el segundo departamento con mayor pobreza en toda la República.



Como se puede observar en la tabla 21, para 1964 el Departamento de Totonicapán contaba con 26,465 viviendas. Dicho número se elevó para el año 2002 a 75,477 viviendas. Como en el caso de Sololá, el adobe ha sido el material típico de construcción de viviendas y el bloque y el ladrillo han tomado auge en la última década. Sin duda alguna, el uso sostenido del adobe responde a la situación de alta pobreza que reina en este Departamento, así como en otros departamentos donde hay altos porcentajes de pobreza. En relación al bloque y el ladrillo este material es de bajo costo y se amolda a la autoconstrucción con técnicas muy simples.

Tabla 21: Evolución de la vivienda en el Departamento de Totonicapán según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	16675	57147	1013	197	103	160	182		75477
1994	3128	41855	910	42	161	410	110		46616
1981	1530	36896	1467	88	895	890	112		41878
1973	74	28726	1498		1062	1204	132		32696
1964	31	22094	865		1979	1395	74	27	26465

La figura 14 muestra las tendencias del sector vivienda a lo largo de las décadas. Como se observa, el adobe se utiliza de manera consistente y domina el panorama en la actualidad. El bloque y el ladrillo se empezaron a utilizar con mayor auge a partir de la década de los 90s, mientras que el uso de bajareque y otros materiales se ha reducido a lo largo de las cuatro décadas.

En el contexto de la vulnerabilidad estructural, el uso predominante de adobe es un aspecto crítico que se debe considerar por parte de las autoridades a todo nivel para fomentar un desarrollo sostenible a largo plazo. La tabla 22 muestra los datos

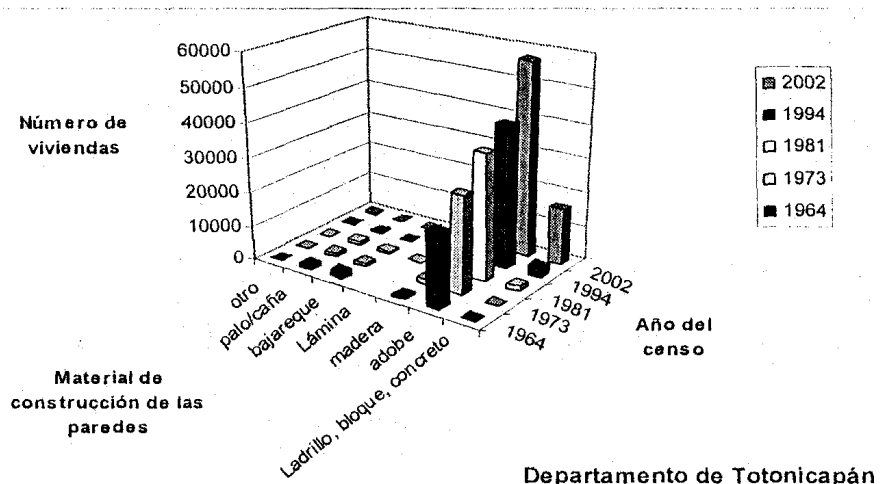


Figura 14: distribución de viviendas para el Departamento Totonicapán según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

de vivienda en términos de porcentajes. Como se observa, en el año 1964 el adobe y el bajareque abarcaban 91.1% de las viviendas en el Departamento. Para el año 2002 este porcentaje ha bajado a 75.9% mientras que el porcentaje para viviendas de ladrillo, bloque o concreto ha aumentado hasta el 22.1%. Desafortunadamente, este alto porcentaje de viviendas de adobe es crítico porque se puede resumir que 76 de cada 100 viviendas pueden experimentar daños estructurales severos o colapsar en ciudades y pueblos de este Departamento, lo que conduce sin lugar a dudas a condiciones de desastre en caso de manifestarse un terremoto.

Considerando que este departamento se le puede catalogar con una probabilidad del 10% de excedencia en 50 años de sismos de grado de intensidad VIII, se propone que existe *una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 23% de las viviendas del Departamento (que corresponde a las construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 77% de las viviendas (adobe, bajareque, lámina + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.*

Para el terremoto del 4 de febrero de 1976, en Totonicapán SEGEPLAN estimó la destrucción de 15,819 viviendas, la mayoría de éstas en zonas rurales del departamento. Utilizando los

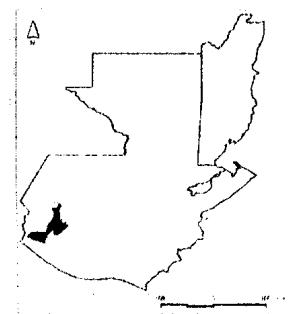
Tabla 22: Evolución de la vivienda en el Departamento de Totonicapán según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	22,1	75,9	1,3	0,7
1994	6,7	90,1	2,0	1,2
1981	3,7	90,2	3,5	2,6
1973	0,2	91,1	4,6	4,1
1964	0,1	91,1	3,3	5,6

datos del censo de 1973, el modelo teórico propone que cerca de 4,500 viviendas de adobe o bajareque y del orden de 200 viviendas de materiales como el palo y la caña deberían haberse destruido. Además, el modelo propone que entre 15,000 y 30,000 viviendas de adobe deberían experimentar daños estructurales severos, así como entre 700 y 1,400 viviendas de palo o caña y otros materiales no convencionales, lo que brinda confiabilidad al modelo propuesto. Comparando estos datos y los del párrafo anterior, se debe concluir que un sismo en las siguientes décadas puede ocasionar aun mayor destrucción que el terremoto de 1976 dado el aumento en el número de viviendas de adobe en la actualidad cuando se compara con el número de viviendas en 1976. Como se ha mencionado anteriormente, cualquier solución que se proponga tendrá que considerar los altos índices de pobreza que experimentan éste y otros departamentos del país.

Departamento de Quetzaltenango

El Departamento de Quetzaltenango es uno de los de mayor auge del altiplano Guatemalteco. La ciudad de Quetzaltenango, cabecera departamental, es la segunda ciudad en importancia del país. Como muestra la tabla 23, para el año 1964 había en este departamento 50,483 viviendas. Para el año 2002 este número se ha casi triplicado, registrándose 142,576 viviendas.



Como se observa en la figura 15 y en la tabla 23, la construcción de viviendas utilizando bloque y ladrillo ha aumentado considerablemente en las dos últimas décadas, seguramente asociado al crecimiento urbano de Quetzaltenango. Sin embargo, el uso del adobe ha aumentado a lo largo de las décadas, aunque el uso de materiales como el palo y la caña han disminuido. Como se ha propuesto, el uso de adobe es una práctica no solo tradicional, sino también atada a la falta de recursos económicos por parte de la población con bajos recursos económicos. De acuerdo a los datos de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza de este Departamento es 60.67%, mientras que el porcentaje de pobreza extrema es de 22.42%.

Tabla 23: Evolución de la vivienda en el Departamento de Quetzaltenango según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	84637	35096	16892	1322	687	3319	623		142576
1994	32915	35134	15751	835	789	4030	1181		90635
1981	9569	32951	18046	631	2906	7907	2212		74222
1973	2841	26821	14640		3338	7520	1939		57099
1964	1612	22814	13231		3543	8509	496	278	50483

En el contexto de la vulnerabilidad del sector vivienda en caso de terremotos, la situación no es tan grave como la de Totonicapán o Sololá, dado que el porcentaje de viviendas de adobe o bajareque se ha reducido del 52.5% que existía en 1964 a un 25.1% para el año 2002. El porcentaje asociado a la construcción de viviendas utilizando bloque, ladrillo o concreto ha aumentado del 3.2% al 59.4% en estas cuatro décadas y el uso de madera y otros materiales se ha reducido.

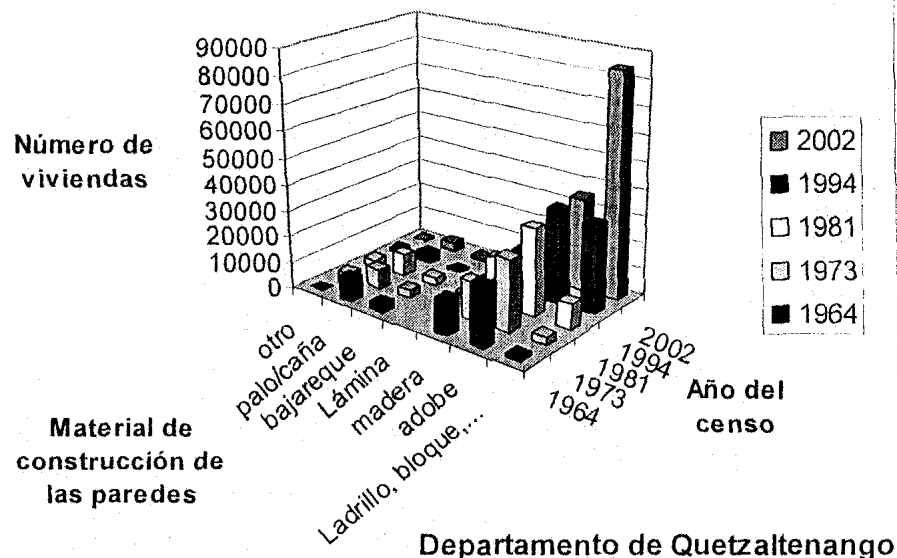


Figura 15: distribución de viviendas para el Departamento Quetzaltenango según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

Tabla 24: Evolución de la vivienda en el Departamento de Quetzaltenango según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	59,4	25,1	11,8	3,7
1994	36,3	39,6	17,4	6,7
1981	12,9	48,3	24,3	14,5
1973	5,0	52,8	25,6	16,6
1964	3,2	52,5	26,4	17,9

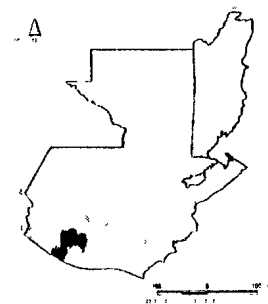
Al igual que otros departamentos, Quetzaltenango se cataloga como un departamento expuesto a una amenaza del 10% de excedencia en 50 años de un sismo que manifieste intensidades de grado VIII. En tal sentido se propone que existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los

siguientes impactos: del 71% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 29% de las viviendas (adobe, bajareque, lámina + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.

Para el terremoto de 1976, SEGEPLAN reportó 45 viviendas destruidas. Esto debido a que en este departamento la intensidad se estimó entre grados V y VI, para los cuales no se esperan daños estructurales severos para ningún tipo de viviendas.

Departamento de Suchitepéquez

El Departamento de Suchitepéquez es otro de los departamentos de la costa sur que está expuesto a terremotos ocasionados por la interacción entre las placas tectónicas Cocos y Caribe en la zona de subducción. Como en el caso de Escuintla, este departamento tiene una vocación agrícola y mucha de su planicie costera se destina al cultivo de la caña de azúcar y al hule. El porcentaje de pobreza ha sido estimado por SEGEPLAN en 53.86% y el de pobreza extrema en 14.70%.



La tabla 25 muestra los datos sobre vivienda para este departamento. Como se observa, en 1964 se contaron 37,446 viviendas y para el año 2002 el número ha ascendido a 90,919 viviendas. Como departamento de la costa sur, su tradición en lo que respecta a materiales de construcción de vivienda ha sido el uso de madera, palo o caña. En años recientes, la tradición en el uso de madera ha seguido, aunque el uso de materiales como el bloque y el ladrillo domina en panorama en el último censo.

Tabla 25: Evolución de la vivienda en el Departamento de Suchitepéquez según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	46940	975	35264	1896	274	4840	730		90919
1994	21726	870	26415	835	701	6389	1887		58823
1981	9010	736	27602	611	695	9010	2296		49960
1973	3640	622	21248		355	10782	972		37619
1964	2661	1084	20606		213	12478	277	127	37446

La figura 16 muestra de manera clara como en este departamento la vivienda se basa en la actualidad en madera, bloque y ladrillo. De manera similar se puede observar como se ha reducido a lo largo de las cuatro décadas el uso del palo y la caña como materiales de construcción.

En lo que respecta a porcentajes, la tabla 26 permite comentar que el uso de madera como material de construcción de viviendas predominó hasta la década de los 80s de manera consistente. El uso de bloque, ladrillo o concreto para la construcción de viviendas se materializa con mayor auge desde los 80s y el uso de materiales como palo o caña se reduce de forma gradual hasta llegar a un 8.2% para el año 2002. Sin embargo, el uso del adobe o el bajareque ha sido mínimo y esa tendencia sigue en años recientes.

Esto permite afirmar que en caso de un sismo, aunque este departamento esté clasificado con un grado de intensidad VIII, los daños en materia de vivienda serán menos graves dado su muy bajo porcentaje de viviendas vulnerables de adobe o bajareque. el

riesgo se expresaría de la siguiente manera: *existe un 10% de probabilidad que en*

los siguientes 50 años se excedan en este departamento los siguientes impactos. del 90% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños

sustanciales a severos, mientras que del 10% de las viviendas (adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.

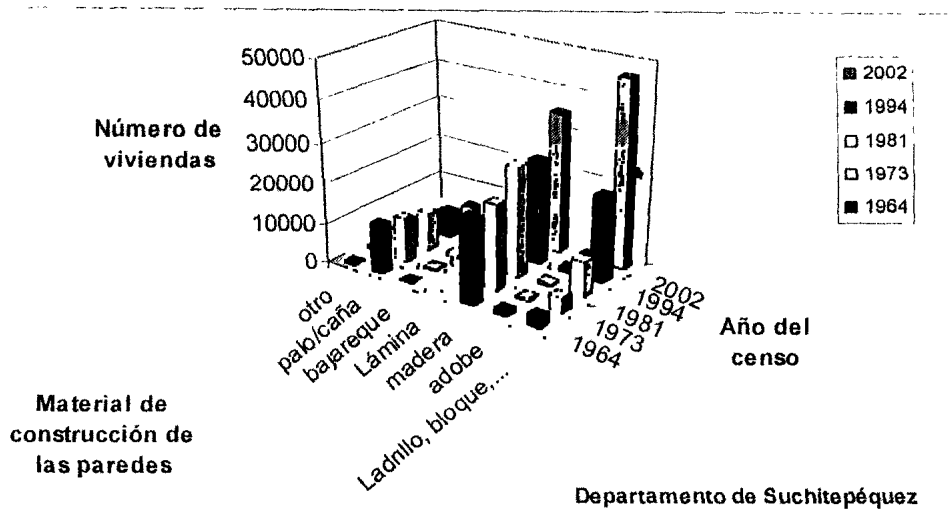


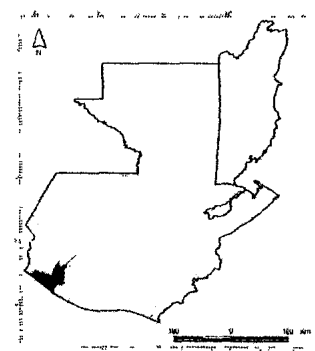
Figura 16: distribución de viviendas para el Departamento Suchitepéquez según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002.
Fuente: Censos del INE.

Tabla 26: Evolución de la vivienda en el Departamento de Suchitepéquez según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	51,6	1,4	38,8	8,2
1994	36,9	2,7	44,9	15,5
1981	18,0	2,9	55,2	23,9
1973	9,7	2,6	56,5	31,2
1964	7,1	3,5	55,2	34,2

Departamento de Retalhuleu

El Departamento de Retalhuleu está situado en la costa sur. Con una vocación agrícola, sus planicies costeras están dedicadas al cultivo de la caña de azúcar y el hule al igual que Escuintla y Suchitepéquez. Sin embargo, un segmento de su zona costera experimenta los problemas de asolvamiento de arena producto de la actividad eruptiva del volcán Santiaguito. Año con año la cuenca baja del río Samalá transporta miles de toneladas de arena que emanan de las faldas del volcán Santiaguito hasta las costas del mar.



En lo que respecta al sector vivienda, en 1964 el INE reportó un total de 23,138 viviendas. Para el año 2002, este número se elevó a 50,837, prácticamente el doble. Además, como el caso de

Suchitepéquez y Escuintla, este departamento se caracteriza por el uso de madera para vivienda, una práctica que continúa hasta la fecha y la incorporación del bloque y el ladrillo en décadas recientes

Tabla 27: Evolución de la vivienda en el Departamento de Retalhuleu según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	27436	176	18864	1145	217	2820	179		50837
1994	12408	259	15054	473	406	6236	890		35726
1981	5499	276	15594	453	251	8254	519		30846
1973	1663	353	12667		170	10602	408		25863
1964	1137	503	11022		239	9519	668	50	23138

Como se puede apreciar en la figura 17, el uso de materiales como el palo, la lepa y la caña era común en los sesentas y setentas, pero ha decaído desde entonces. De manera similar, el uso de madera ha sido

consistente y el uso de bloque y ladrillo está aumentando en décadas recientes.

En lo que respecta a porcentajes, la tabla 28 muestra que el uso de madera como material de

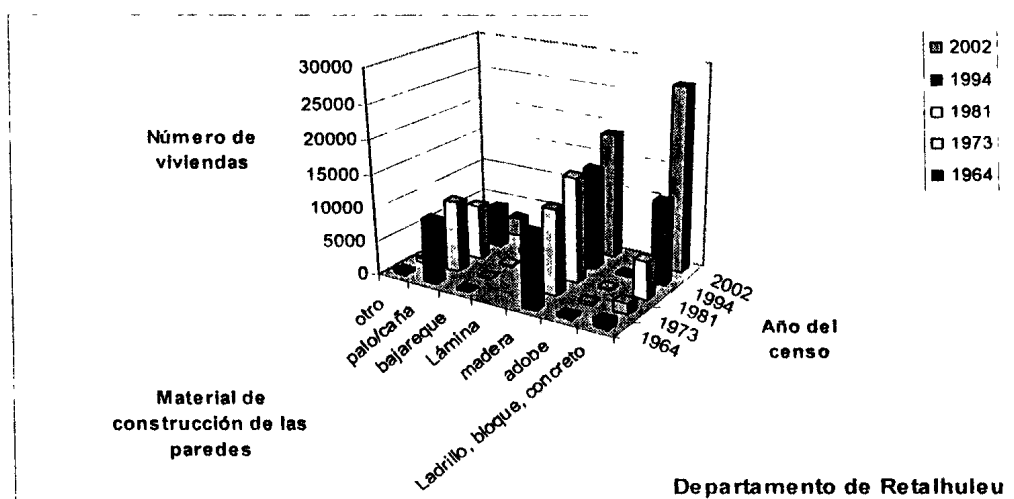


Figura 17: distribución de viviendas para el Departamento Retalhuleu según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

construcción para vivienda se redujo de 47.7% en 1964 a 37.1% en el 2002. De manera más significativa, el uso de materiales como el palo, la lepa y la caña, así como otros materiales no convencionales se redujo del 44.1% al 8.2% en estas cuatro décadas y el uso del bloque y el ladrillo aumentaron del 4.9% al 54% en el mismo período.

Estos datos permiten concluir que al igual que en el caso del Departamento de Suchitepéquez, en Retalhuleu la vulnerabilidad estructural de viviendas en muy pequeña comparada con otros departamentos del altiplano.

Tabla 28: Evolución de la vivienda en el Departamento de Retalhuleu según el material de construcción de paredes. Datos presentados en base a porcentajes.

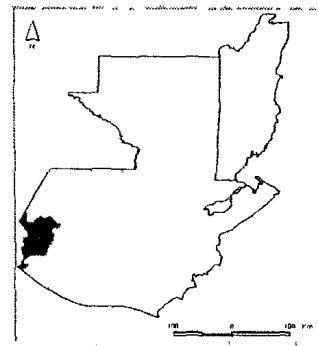
Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe / Bajareque	% Madera	% Otro
2002	54,0	0,8	37,1	8,2
1994	34,7	1,9	42,1	21,3
1981	17,8	1,7	50,6	29,9
1973	6,4	2,0	49,0	42,6
1964	4,9	3,2	47,7	44,1

Reconociendo que Retalhuleu está catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VIII en 50 años, se propone que existe una

probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos del 91% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 9% de las viviendas (adobe, bajareque, lámina + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas

Departamento de San Marcos

El Departamento de San Marcos es uno de los cuatro departamentos de Guatemala que tienen frontera con México. Su conexión terrestre con México le hace un departamento relevante para el país y las poblaciones fronterizas se nutren del comercio que dicha zona fronteriza ofrece. Sin embargo, en sus zonas rurales, sobretodo en la zona montañosa de las faldas de los volcanes Tacaná y Tajumulco, la pobreza puede ser extrema. De acuerdo a SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza es de 86.66% y el de pobreza extrema es de 61.07%, que figura como el más elevado del país.



La tabla 29 muestra los datos asociados al sector vivienda. Como se observa, en 1964 existían 61,911 viviendas. Para el año 2002 este número se elevó a 177,946. La distribución de viviendas con respecto a materiales de construcción se puede apreciar en esta tabla, así como en la figura 18.

Tabla 29: Evolución de la vivienda en el Departamento de San Marcos según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	64521	66376	39384	1120	1836	3351	1358		177946
1994	24302	42896	31232	898	3103	6076	1681		110188
1981	6122	29819	32504	902	8267	11680	2495		91789
1973	1237	20949	33489		9865	14517	1683		81740
1964	644	16139	21310		9125	14088	486	119	61911

Como un departamento con un nivel de pobreza elevado y sin haber sido afectado por el terremoto de 1976, este departamento ilustra la evolución en el uso de materiales de construcción a lo largo de las cuatro décadas. Aunque en los 60s el uso de adobe, madera, bajareque y palo o

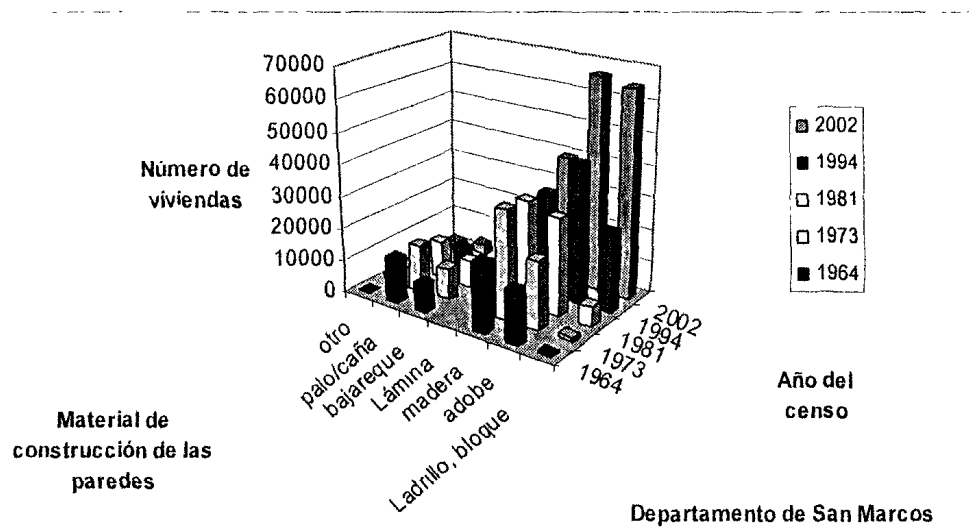


Figura 18: distribución de viviendas para el Departamento San Marcos según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

caña era común, para el 2002 aparecen el bloque y el ladrillo. Además continúa el uso de adobe y de madera, pero desaparecen prácticamente el bajareque y el palo y la caña. La persistencia en el uso de adobe y madera seguramente responde a la pobreza que existe en el país, mientras que las construcciones de ladrillo y bloque se manifiestan mayormente en sus zonas urbanas que han crecido en décadas recientes.

En lo que respecta a porcentajes, se puede decir que en 1964 se manifestó 40.9% de viviendas de adobe y bajareque; 34.5% de viviendas de madera y 23.6% de viviendas de palo, lepa, o caña en este departamento. Para el año 2002, el porcentaje de viviendas de ladrillo, bloque y de concreto aumentó a 36.3%, mientras que el porcentaje de viviendas de adobe se redujo levemente a 38.3% y el porcentaje de viviendas de madera bajó a 22.1%.

Desde el punto de vista de vulnerabilidad estructural se puede concluir que prácticamente un 40% de las viviendas pueden ser altamente vulnerables, mientras que un 60% posee una baja vulnerabilidad.

Además, reconociendo que el departamento de San Marcos se ha clasificado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VIII en 50 años, se propone que existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 59% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 41% de las viviendas (adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.

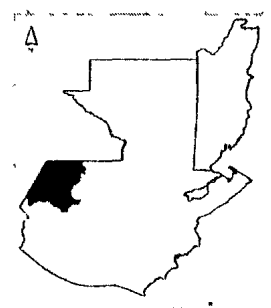
En el caso de los departamentos con costas en el Pacífico como San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa, la amenaza sísmica se relaciona con la interacción entre las placas de Cocos y el Caribe en el Pacífico, en la zona de subducción, con la cadena volcánica y con fallas menores. Algunos investigadores como el Dr. Monterroso (Monterroso, 2004) proponen que la zona de mayor amenaza puede estar situada en las costas frente a San Marcos, Retalhuleu y Suchitepéquez.

Tabla 30: Evolución de la vivienda en el Departamento de San Marcos según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	36,3	38,3	22,1	3,3
1994	22,1	41,7	28,3	7,9
1981	6,7	41,5	35,4	16,4
1973	1,5	37,7	41,0	19,8
1964	1,0	40,9	34,5	23,6

Departamento de Huehuetenango

El Departamento de Huehuetenango es otro de los departamentos fronterizos con México y está situado en la zona de montañas más altas de Guatemala. Con un porcentaje de pobreza del 77.85% y un porcentaje de pobreza extrema del 37.15%, este departamento, junto con otros del altiplano, conforman la región de mayor pobreza de todo el país.



En lo que respecta a vivienda, en el año 1964 el departamento contaba con 51,646 viviendas. Para el año 2002 este número ha aumentado hasta 197,714, prácticamente aumento cuatro veces en cuatro décadas. En lo que respecta a la distribución de viviendas según el tipo de material, este departamento se asemeja a departamentos como Totonicapán y Sololá.

Tabla 31: Evolución de la vivienda en el Departamento de Huehuetenango según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	44307	114792	32648	896	1402	2997	672		197714
1994	11170	69169	14987	467	4177	5793	1218		106981
1981	2030	56630	12449	226	7432	14283	1199		94249
1973	215	40282	12913		7002	14524	891		75827
1964	71	24150	3145		12346	9039	2823	72	51646

Como se observa, el uso de adobe ha sido preponderante hasta la actualidad debido al régimen de pobreza que existe en este departamento aunque la construcción de viviendas con bloque o ladrillo empieza a ser relevante en la década del 2000. La figura 19 permite también deducir que el uso de bajareque ha

decrecido gradualmente a lo largo de las décadas y que en las décadas recientes el uso del palo o la caña también ha decrecido.

Con respecto a la vulnerabilidad y el riesgo sísmico, la tabla 32 muestra que en el año 1964, el 70.8% de las viviendas estaba construido con adobe o bajareque. Para el año 2002, este porcentaje se ha reducido a 58.8%. En contraste, el uso de bloque y el ladrillo o el concreto aumentaron en el 2002 en porcentaje hasta un 22.4% mientras que el uso de madera también aumentó en proporción desde un 6.1% hasta un 16.5%. En resumen, se puede decir que en este departamento seis de cada 10 casas son altamente vulnerables. De acuerdo a la tabla

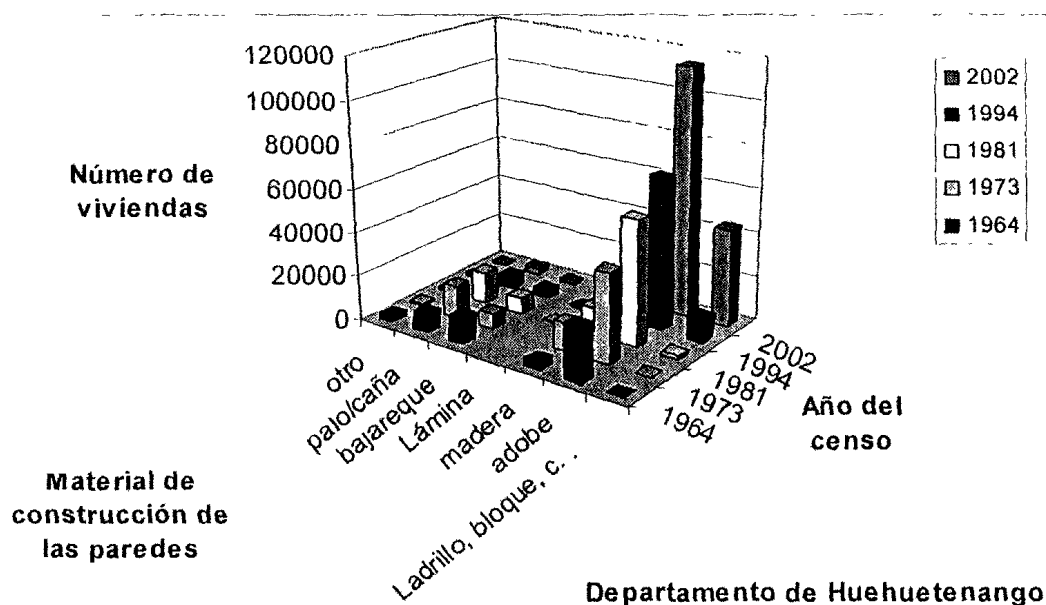


Figura 19: distribución de viviendas para el Departamento Huehuetenango según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

Tabla 32: Evolución de la vivienda en el Departamento de Huehuetenango según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes

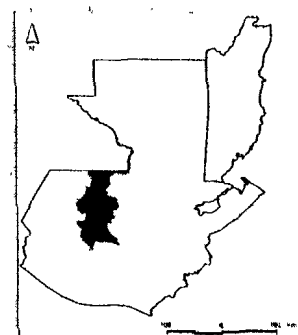
Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	22,4	58,8	16,5	2,3
1994	10,4	68,6	14,0	7,0
1981	2,2	68,0	13,2	16,7
1973	0,3	62,4	17,0	20,3
1964	0,1	70,8	6,1	23,0

5, Huehuetenango está catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VII en los siguientes 50 años, entonces se propone que existe una probabilidad del

10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos del 39% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas no experimentarán daños y pocas experimentarán daños moderados, mientras que del 61% de aquellas de adobe, bajareque, lámina o de otros materiales como el palo y la lepa, muchas de las viviendas pueden experimentar daños sustanciales a severos y pocas experimentarán daños muy severos, particularmente las de mala calidad o muy antiguas. Como dato de referencia se menciona que para el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó la destrucción de 3,116 viviendas en este departamento. El modelo teórico propone que cerca de 7,100 viviendas de adobe o bajareque hubieran experimentado en 1976 daños estructurales severos, así como cerca de 2,100 viviendas de palo, lepa o caña. Sin embargo, el modelo no propone la destrucción explícita de viviendas.

Departamento de Quiché

El Departamento de Quiché es otro de los cuatro departamentos fronterizos con México. Al igual que Huehuetenango, es atravesado por la falla del Polochic y su topografía es muy accidentada por estar situado en la zona montañosa del altiplano. De acuerdo a los datos sobre pobreza elaborados por SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza de Quiché es de 81.09%, mientras que el porcentaje de pobreza extrema es de 36.75%.



Con respecto al sector vivienda, los datos del INE indican que en 1964 existían 44,281 viviendas en este departamento y para el 2002 este número aumentó hasta 140,003. La tabla 33 muestra que el número de viviendas prácticamente se duplicó en la última década una vez firmada la paz producto de los procesos de reasentamiento de refugiados, muchos de los cuales se habían asentado temporalmente en México durante el conflicto armado.

Tabla 33: Evolución de la vivienda en el Departamento de Quiché según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	15701	84030	32696	375	2164	4708	329		140003
1994	3849	45951	12779	255	2452	9552	900		75738
1981	1621	39918	11977	132	3574	12365	514		70101
1973	60	33693	5062		3497	14654	367		57333
1964	48	24188	5141		3312	11243	45	304	44281

La figura 20 muestra la distribución de viviendas según material de construcción y su evolución en las cuatro últimas décadas. Como se observa, este departamento se asemeja a Huehuetenango y a Totonicapán en el uso del adobe como material preponderante para la construcción de viviendas. La figura también permite observar que el uso de materiales como el bloque, el ladrillo y el concreto tomó auge solamente en la última década y que persiste el uso de la madera.

En lo que respecta a la madera, el palo y la lepa, la tabla 33 permite comentar que el uso de madera aumentó de manera drástica en la última década y que el uso del palo y la caña han decrecido en las tres últimas décadas.

En lo que concierne a los porcentajes, la tabla 34 permite comentar que el porcentaje de viviendas de adobe se ha mantenido prácticamente constante en las últimas cuatro décadas. La madera ocupa un segundo lugar en el departamento, aumentando de 11.7% en 1964 a 23.4% en el 2002. El ladrillo, el

bloque y el concreto han aumentado también, pasando del 0.1% en 1964 a 11.2% en el año 2002. Además, la tabla permite comentar que el uso de materiales como el palo y la caña ha decrecido gradualmente en las mismas cuatro décadas.

En lo que respecta a vulnerabilidades, se puede concluir que en el Quiché 6 de cada 10 viviendas son altamente vulnerables.

Quiché está catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VII en 50 años. Se propone que existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes

impactos: del 35% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a

las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas no experimentarán daños y pocas experimentarán daños moderados, mientras que del 65% de aquellas construidas con paredes de adobe, bajareque, lámina o de otros materiales como el palo y la lepa, muchas pueden experimentar daños sustanciales a severos y pocas experimentarán daños muy severos, particularmente las de mala calidad o muy antiguas.

Durante el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó que en el Quiché se destruyeron 19,458 viviendas. Tomando como base los datos del censo de 1973, el modelo brinda los siguientes datos comparativos: alrededor de 5,500 viviendas de adobe o bajareque y del orden de 2,300 viviendas de palo, lepa o caña tendrían que haber experimentado daños estructurales severos. Como se observa, el modelo puede arrojar números por debajo de lo real si solo se toma en consideración daños de grado 4 (destrucción total), aunque si se consideran daños de grado 4 y 5, el modelo podría arrojar una estimación

mayor de lo real. Departamentos como Quiché, Huehuetenango y San Marcos abarcan tres grados de intensidad, lo que complica la estimación numérica de daños potenciales debido a que el modelo propuesto restringe estos Departamentos a un solo grado de intensidad.

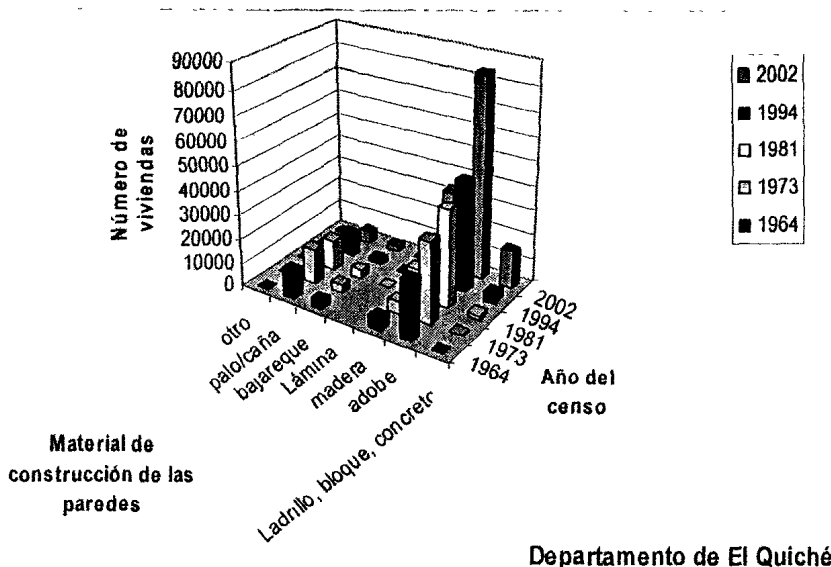


Figura 20: distribución de viviendas para el Departamento Quiché según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

Tabla 34: Evolución de la vivienda en el Departamento de El Quiché según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	11,2	61,6	23,4	3,9
1994	5,1	63,9	16,9	14,1
1981	2,3	62,0	17,1	18,6
1973	0,1	64,9	8,8	26,2
1964	0,1	62,5	11,7	25,7

Departamento de Baja Verapaz

El Departamento de Baja Verapaz es uno de los departamentos centrales del país. De acuerdo a los datos de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza en este departamento es 71.56% mientras que el porcentaje de alta pobreza se estima en 31.01%.

De acuerdo a la tabla 35, en Baja Verapaz se contaron 18,293 viviendas en 1964 y subsecuentemente 53,039 viviendas en el año 2002. Como uno de los departamentos del altiplano, su distribución de viviendas según el material de construcción abarcaba en los 60s mayormente adobe, bajareque y palo o caña y en menor grado el uso de madera. Sin embargo, para el 2002 empezaron a tomar auge el bloque, el ladrillo y el concreto.

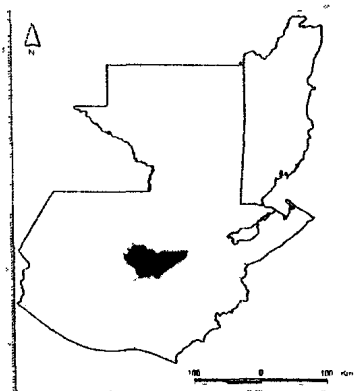


Tabla 35: Evolución de la vivienda en el Departamento de Baja Verapaz según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	10093	30206	7490	139	2233	2743	135		53039
1994	2969	17133	3713	28	2327	3204	206		29580
1981	1448	11359	3305	67	5267	4860	365		26671
1973	67	10681	2004		5502	4987	57		23298
1964	42	6595	1658		5429	4512	13	44	18293

La figura 21 muestra de manera gráfica como aumentó de manera drástica en la última década el uso del bloque y del ladrillo, pero también el uso del adobe. Como se ha mencionado con anterioridad, el

uso de adobe puede asociarse con el grado de pobreza de un segmento de la población, que le impide agenciarse mejores materiales y técnicas de construcción para evitar la generación de vulnerabilidad estructural en este sector.

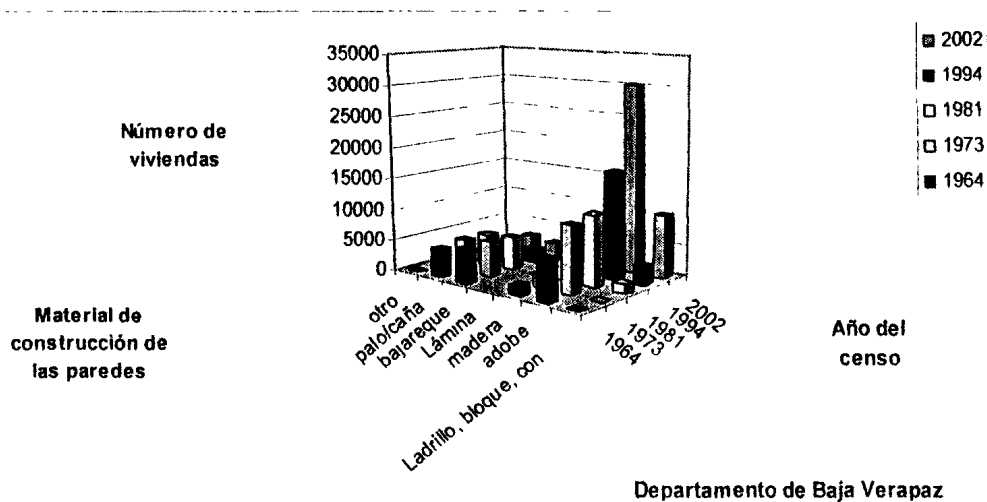


Figura 21: distribución de viviendas para el Departamento Baja Verapaz según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

En lo que respecta a porcentajes, la tabla 36 permite comentar que en 1964, el 66% de la vivienda era construida con adobe o bajareque, el 25% con otro tipo de material como el palo, la lepa o la caña y el 9% con madera. Para el año 2002, el adobe y el bajareque seguían dominando como materiales de construcción con 61%, el bloque y el ladrillo se situaron en 19%, la madera en 14% y materiales como el palo y la lepa bajaron a un 6%. En lo que respecta a vulnerabilidad estructural, estos resultados permiten concluir que en Baja Verapaz, así como en Quiché y Huehuetenango, 6 de

cada 10 casas son altamente vulnerables con respecto a sismos, mientras que 4 de cada 10 de las viviendas poseen una baja vulnerabilidad.

Considerando que este departamento está catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VIII en 50 años, se propone que existe *una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 33% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo,*

Tabla 36: Evolución de la vivienda en el Departamento de Baja Verapaz según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	19,0	61,2	14,1	5,7
1994	10,0	65,8	12,6	11,6
1981	5,4	62,3	12,4	19,8
1973	0,3	69,5	8,6	21,6
1964	0,2	65,9	9,1	24,8

bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 67% de las viviendas (adobe, bajareque, lámina + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas

Para el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó que en Baja Verapaz se destruyeron 11,748 viviendas. Utilizando los datos del censo de 1973, el modelo propone que en este caso se deberían haber destruido del orden de 2,400 viviendas de adobe o bajareque y 750 viviendas de palo o lepa. Además, el modelo propone daños estructurales severos para un número comprendido entre 8,100 y 16,000 viviendas de adobe, así como entre 2,500 y 5,000 viviendas de palo o lepa. Como se observa, los valores propuestos de daños severos o destrucción puede bien coincidir con los daños reportados por SEGEPLAN.

En cualquier caso, el punto crítico en este departamento, como en otros de la República que poseen un alto porcentaje de población pobre, es el uso continuo del adobe como material predominante para la construcción de viviendas. De repetirse un terremoto como el de 1976 que ocasione daños como los propuestos en este modelo, en este departamento sería factible esperar más del doble de viviendas destruidas que en 1976, una situación que conllevaría a un desastre en la medida en la cual los recursos a disposición de este Departamento no serían suficientes para manejar el grado de pérdidas materiales.

Departamento de Alta Verapaz

El Departamento de Alta Verapaz es uno de los departamentos más extensos del país. De acuerdo a los datos de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza en este departamento es 76.40% mientras que el porcentaje de alta pobreza se estima en 36.60%.

En la tabla 37 se presentan los datos de viviendas. Como se observa, en el año 1964 había en este departamento 47,847 viviendas. Para el año 2002, este número se ha elevado a 149,998, prácticamente un factor de 3 veces. Los datos de la tabla 37 se presentan de manera gráfica en la figura 22. Como se observa, a diferencia de todos los departamentos anteriores, en este departamento sobresale el uso de la madera y el palo o la caña como materiales predominantes para la construcción de viviendas y el adobe prácticamente no aparece.

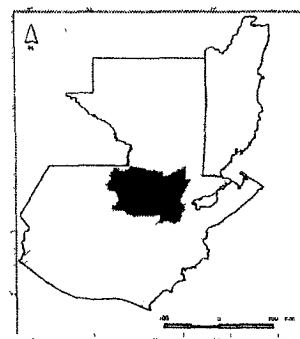


Tabla 37: Evolución de la vivienda en el Departamento de Alta Verapaz según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	35457	1525	86154	506	4853	21173	320		149988
1994	11066	1198	33432	845	4802	43291	762		95396
1981	4145	1329	17443	298	4855	37935	1629		67634
1973	1131	1117	8770		5225	39322	1025		56590
1964	309	893	6092		3960	35407	375	811	47847

Una posible explicación para el uso de madera puede deberse a la riqueza en madera como recurso natural, pero también atravesando un gran proceso de deforestación

En el contexto de porcentajes, la tabla 38 permite observar que el uso de madera evolucionó del 13% al 57.4% en las cuatro décadas de análisis. El uso de materiales como la lepa, el palo y la madera se redujo de 76.1% a 14.7% mientras que el uso de adobe se redujo del 10.3% a 4.3% y el bloque y el ladrillo subieron del 0.7% al 23.6%.

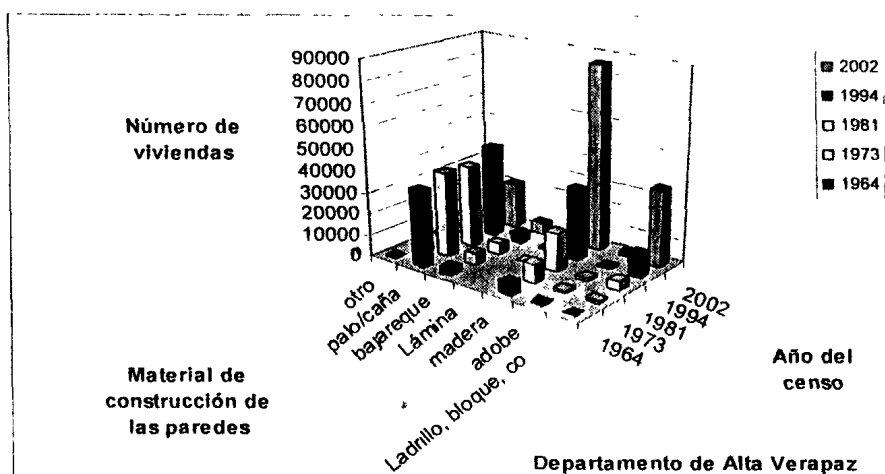


Figura 22: distribución de viviendas para el Departamento Alta Verapaz según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002.
Fuente: Censos del INE.

Estos resultados implican que la vulnerabilidad estructural de las viviendas en este departamento es sumamente baja, pues prácticamente 80% de las viviendas son seguras y 20% son vulnerables. Recordando que el departamento de Alta Verapaz se clasificó con un grado de intensidad VII, se propone que existe *una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 81% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas no experimentarán daños y pocas experimentarán daños moderados, mientras que del 19% de aquellas de adobe, bajareque o de otros materiales como el palo y la lepa, muchas de las viviendas pueden experimentar daños sustanciales a severos y pocas experimentarán daños muy severos, particularmente las de mala calidad o muy antiguas.*

Tabla 38: Evolución de la vivienda en el Departamento de Alta Verapaz según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes

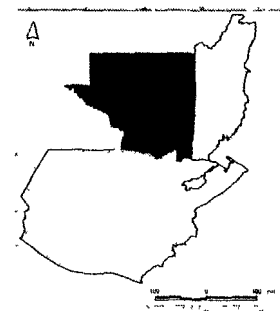
Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	23,6	4,3	57,4	14,7
1994	11,6	6,3	35,0	47,1
1981	6,1	9,1	25,8	58,9
1973	2,0	11,2	15,5	71,3
1964	0,7	10,3	13,0	76,1

Para el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó la destrucción de 4,709 viviendas en este departamento. Tomando los datos del censo de 1973, se estimaría que cerca de 950 viviendas de adobe o bajareque y del orden de 6,000 viviendas de palo, lepa o caña deberían haber experimentado daños muy severos (daño estructural severo). Como se observa, para que coincidan el modelo y los

datos reales se requiere contemplar daños de grado 4 y 5 en el contexto de viviendas destruidas, pues en este Departamento el modelo no propone destrucción total de viviendas explícitamente.

Departamento de Petén

El Departamento de Petén es el más extenso del país aunque relativamente despoblado. Su riqueza en maderas finas y sus planicies ha atraído a un segmento de la población. Por otra parte, vastas regiones de este Departamento se han decretado como zonas protegidas para promover el sostenimiento de la selva tropical y la cultura Maya. De acuerdo a los datos de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza en este departamento es 59.30% mientras que el porcentaje de alta pobreza se estima en 22.16%.



En la tabla 39 se presentan los datos de vivienda para las últimas cuatro décadas. Como se observa, en el año 1964 se contaron 5,144 viviendas en este departamento. Para el año 2002, este número se ha elevado a 81,606. En términos absolutos, el número de viviendas creció prácticamente 16 veces en las últimas décadas, duplicándose prácticamente en cada década.

Tabla 39: Evolución de la vivienda en el Departamento de Petén según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	23532	708	46448	260	2068	8206	384		81606
1994	7405	332	13821	143	3224	16612	517		42054
1981	2085	541	6766	198	4463	15563	317		29933
1973	386	428	2989		2573	6840	245		13461
1964	25	245	836		2247	1571	13	207	5144

Aunque en 1964 el uso del bajareque, el palo y la caña eran comunes en la construcción de viviendas y en menor grado la madera y el adobe, en décadas recientes se intensificó el uso del

bloque o el ladrillo, sobretudo en zonas urbanas y el uso de madera, seguramente asociado a la deforestación que ha experimentado este departamento en las últimas décadas. Como se observa en la figura 23, el uso de madera para construcción tuvo un auge sobretudo en la última década. De manera similar se puede observar que el uso del palo o la caña tuvieron su auge en las décadas de los

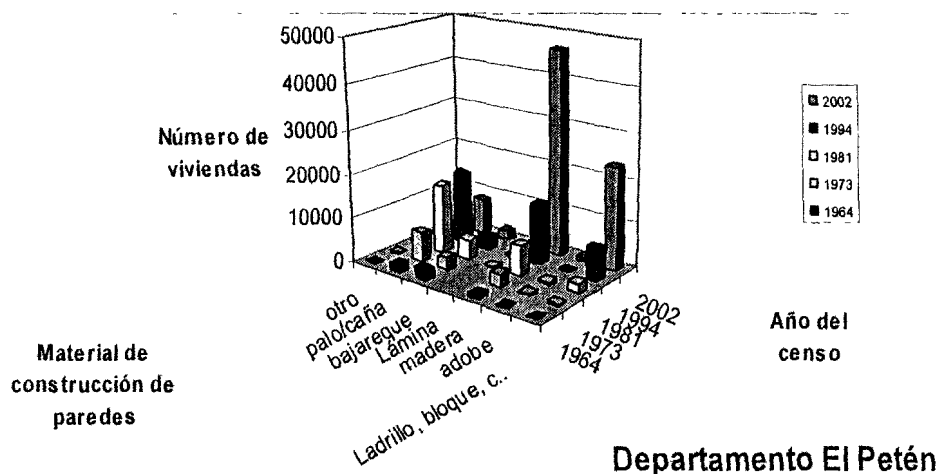


Figura 23: distribución de viviendas para el Departamento Petén según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

80s y 90s, pero ha decrecido para el 2002. Finalmente, es interesante notar el bajo número de viviendas de adobe y de bajareque en este Departamento.

En lo que respecta a porcentajes, la tabla 40 permite concluir que en 1964 las viviendas construidas con adobe y bajareque abarcaban el 50.5%, mientras que la de palo y lepa abarcaban 32.1% y las de madera el 16.9%. Para el 2002 las tendencias se han invertido, pues el porcentaje de viviendas de madera ascendió al 56.9%, el porcentaje de viviendas de bloque o ladrillo también ascendió al 28.8%, mientras que los porcentajes de viviendas de palo o lepa y de adobe o bajareque se redujeron al 10.8% y al 3.4% respectivamente.

En términos de vulnerabilidad estructural de viviendas, se puede concluir que el Petén es uno de los departamentos menos vulnerables en la medida en la cual 86% de sus viviendas son de madera o de bloque o ladrillo, quedando un 14% de viviendas vulnerables.

Además, recordando que a este departamento se le asignó una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VI

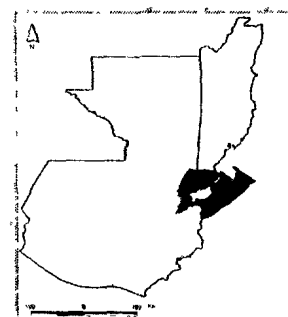
en 50 años, se propone que existe *una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 14% de las viviendas, pocas experimentarán daños estructurales leves (adobe, bajareque y otros), mientras que el resto de las viviendas prácticamente no experimentarán daños.*

Tabla 40: Evolución de la vivienda en el Departamento de Petén según el material de construcción de las paredes.
Datos presentados en porcentajes

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	28,8	3,4	56,9	10,8
1994	17,6	8,5	32,9	41,1
1981	7,0	16,7	22,6	53,7
1973	2,9	22,3	22,2	52,6
1964	0,5	50,5	16,9	32,1

Departamento de Izabal

El Departamento de Izabal es el único departamento de Guatemala que tiene costas en el mar Caribe. En el pasado sus ricas tierras fueron utilizadas por la compañía frutera norteamericana para el cultivo de banano, el cual era exportado por Puerto Barrios. Posteriormente, el Gobierno de Guatemala estableció el puerto Matías de Galvez por donde se importa y exporta muchos productos. En términos tectónicos, este Departamento es atravesado por las fallas Motagua y Polochic, que lo hace propenso a experimentar sismos y terremotos con relativa frecuencia. El terremoto del 4 de febrero de 1976 tuvo su hipocentro en Los Amates. De acuerdo a los datos de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza en este departamento es 52.12% mientras que el porcentaje de alta pobreza se estima en 16.84%.



En la tabla 41 se presentan los datos de vivienda de este Departamento. En el año 1964 se contaron 23,952 viviendas en este departamento. Para el año 2002, este número se ha elevado a 74,997. Como en el caso de Alta Verapaz y Petén, en este Departamento han predominado el uso de madera, el palo y la caña como materiales de construcción de vivienda.

Como se observa en la figura 24, en este Departamento el uso del bloque y del ladrillo han tenido su auge en las dos últimas décadas. En el caso de madera se nota un aumento drástico en su uso en la

última década, así como un aumento después del terremoto de 1976, aunque es interesante notar que los censos no muestran un descenso considerable en el número de viviendas entre 1973 y 1981. Sin embargo, el uso de otros materiales no tradicionales tiene una manifestación relevante en este período, seguramente como un proceso temporal de la reconstrucción

Tabla 41: Evolución de la vivienda en el Departamento de Izabal según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	38281	1394	25590	469	2205	6801	257		74997
1994	17848	1118	15093	297	2934	13398	579		51267
1981	6160	841	14803	400	4006	15687	2544		44441
1973	1495	419	9889		4363	15404	173		31743
1964	378	284	10660		2619	9767	237	7	23952

En lo que respecta a porcentajes, la tabla 42 permite identificar que en 1964 la madera y otros materiales de construcción como la lepa, el palo, la caña y otros materiales no convencionales dominaban el panorama de vivienda, la madera con un porcentaje del 44.5% y los otros materiales

con un porcentaje del 41.8%. En esa misma época, el adobe y el bajareque se situaban en el tercer puesto con un 12.1% y el bloque y el ladrillo apenas se utilizaban en ese entonces. Para el año 2002 el uso del bloque y el ladrillo ascendió dramáticamente hasta un 51%

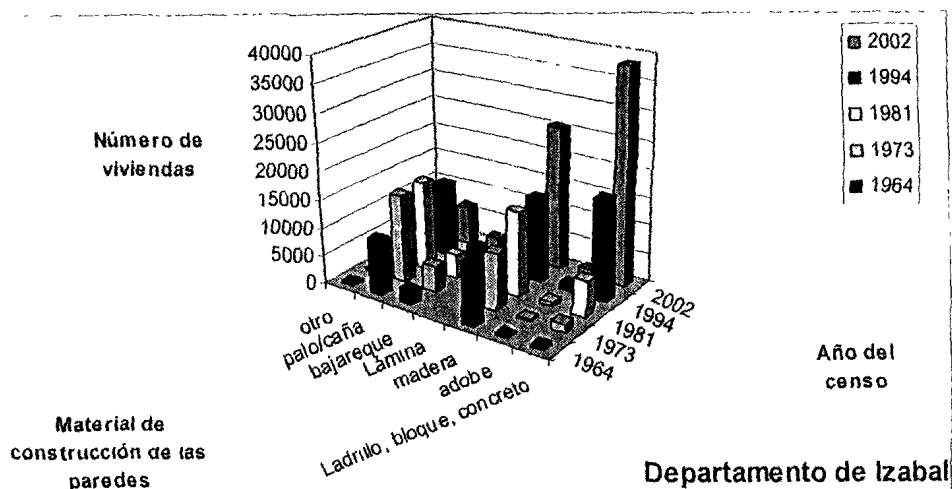


Figura 24: distribución de viviendas para el Departamento Izabal según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

sobretudo como una adaptación a los terremotos, pero en la medida en la cual se tenían los recursos económicos para realizar construcciones de viviendas con este tipo de materiales y técnicas más seguras. En contraste, el uso de la madera se redujo a un 34.1% y el uso de otros materiales como el palo, la lepa y otros similares también se redujo considerablemente en porcentaje llegando a un valor mínimo del 10%. El uso de adobe y el bajareque también se redujo en porcentaje a un 4.8%, aunque el número absoluto de viviendas de adobe ha aumentado en las últimas décadas, seguramente en comunidades donde existe un alto grado de pobreza.

En lo que respecta a vulnerabilidad estructural, se puede concluir que el 85% de las viviendas son poco vulnerables porque están construidas con materiales como bloque, ladrillo, o madera. Hay un 15% de viviendas que pueden ser vulnerables, en particular aquellas de adobe o bajareque.

Durante el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó que en este Departamento se destruyeron 7,909 viviendas en tres de sus municipios. Considerando los datos del censo de 1973, el modelo teórico presentado en este documento brinda las siguientes estimaciones: del orden de 700 viviendas de adobe o bajareque y 2,300 viviendas de otros materiales tendrían que experimentar destrucción total.

Además, entre 2,400 y 4,800 viviendas de adobe o bajareque tendrían que haber sufrido daños estructurales severos y entre 7,800 y 15,500 viviendas de otros materiales también tendrían que haber sufrido daños estructurales severos. Como en el caso de los departamentos Alta Verapaz y San Marcos, es posible concluir que si se consideran viviendas que experimenten daños estructurales severos como algunas en casi estado de destrucción, entonces puede haber un buen apego del modelo a los resultados manifestados durante el terremoto.

Reconociendo que el Departamento se ha catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VIII en 50 años, se propone que existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 85% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque,

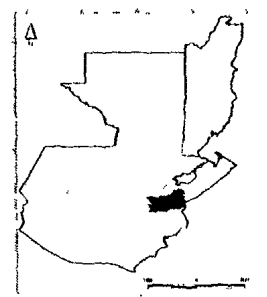
Tabla 42: Evolución de la vivienda en el Departamento de Izabal según el material de construcción de las paredes.
Datos presentados en porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	51,0	4,8	34,1	10,0
1994	34,8	7,9	29,4	27,8
1981	13,9	10,9	33,3	41,9
1973	4,7	15,1	31,2	49,1
1964	1,6	12,1	44,5	41,8

concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 15% de las viviendas (adobe, bajareque, lámina + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas. Estos resultados permiten concluir que de haber un terremoto de la intensidad prevista, se podría esperar un número similar de viviendas destruidas al número que se observó en 1976.

Departamento de Zacapa

El Departamento de Zacapa es el uno de los departamentos que fue severamente afectado por el terremoto de 1976. Sin embargo, es uno de los departamentos más prósperos del país. De acuerdo a los datos de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza en este departamento es 43.78% mientras que el porcentaje de alta pobreza se estima en 12.53%.



En la tabla 43 se presentan los datos de vivienda para este Departamento.

En el año 1964 se contaron 18,746 viviendas en este departamento. Para el año 2002, este número se ha elevado a 49,715. Como en el caso de El Progreso y otros departamentos de la zona oriental del país, en este Departamento predominaba el uso del adobe y del bajareque como materiales de construcción de vivienda desde la época de la colonia, aunque también se hacía uso del palo y la caña como materiales de construcción en menor medida.

Aunque el terremoto destruyó un número significativo de viviendas en este departamento, la figura 25 muestra que el bajareque se ha seguido utilizando. Para el año 2002 se puede observar la adopción del bloque, el ladrillo y el concreto como materiales principales de construcción de viviendas, aunque se continúa la práctica de utilizar el bajareque y el adobe hasta la fecha. De manera similar, la tabla 43 permite identificar el uso de madera como material de construcción de viviendas durante el periodo de reconstrucción después del terremoto.

Tabla 43: Evolución de la vivienda en el Departamento de Zacapa según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	24477	6394	2034	232	15250	1198	130		49715
1994	11218	4423	1315	162	12833	1805	361		32117
1981	5146	4413	2270	182	11464	2519	585		26579
1973	554	6362	642		10697	3599	280		22134
1964	233	4206	925		10006	3144	214	18	18746

En lo que respecta a porcentajes, la tabla 44 muestra que en 1964 el 75.9% de las viviendas estaba construido con adobe o bajareque, mientras que el 17.9% de las viviendas estaba construido con materiales como palo o caña y solo el 4.9% de las viviendas estaba construido con madera.

Los cambios entre 1973 y 1981 en lo que respecta al uso de distintos materiales de construcción es un reflejo del impacto del terremoto. Se observa por ejemplo el auge en el uso del bloque y el ladrillo a partir de 1981, el descenso en el uso del adobe y palo o caña, así como el uso temporal de la madera como material de construcción de viviendas. Como se ha indicado antes, la adopción del bloque y el ladrillo se consolidan en la medida en la cual existe un poder adquisitivo por parte de la población para agenciarse viviendas construidas con estos tipos de materiales. De lo contrario, se continúa con la tradición de utilizar adobe y el bajareque.

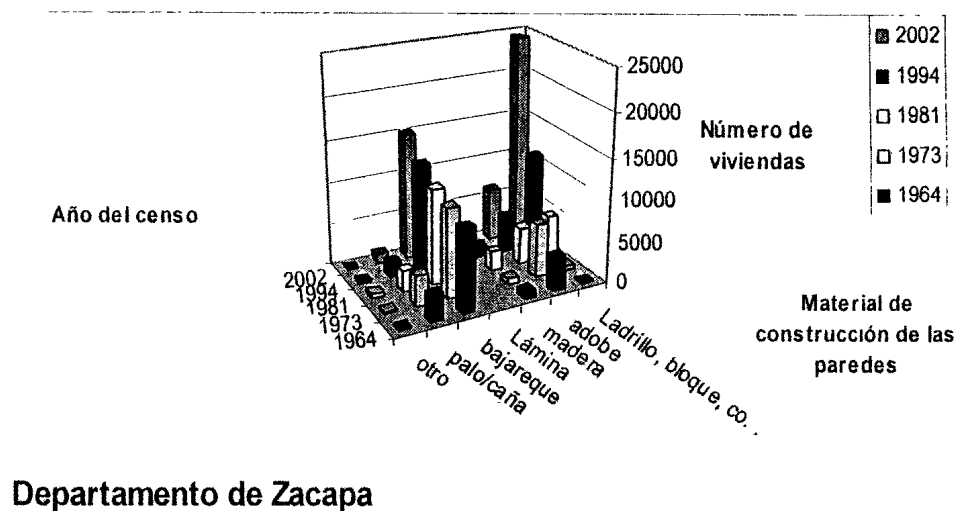


Figura 25: distribución de viviendas para el Departamento Zacapa según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

Tabla 44: Evolución de la vivienda en el Departamento de Zacapa según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	49,2	43,5	4,1	3,1
1994	34,9	53,7	4,1	7,2
1981	19,4	59,7	8,5	12,4
1973	2,5	77,1	2,9	17,5
1964	1,2	75,9	4,9	17,9

En lo que respecta a la vulnerabilidad de viviendas, se puede resumir que casi la mitad de las viviendas en Zacapa son vulnerables a ser destruidas por un terremoto, mientras que la otra mitad no es vulnerable. Durante el terremoto de 1976, SEGEPLAN estimó que en este departamento se destruyeron 15,852

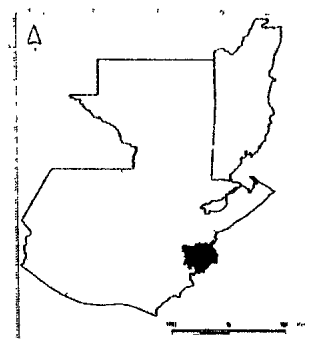
viviendas, muchas de estas situadas en zonas rurales del departamento. Considerando los datos del censo de 1973, el modelo teórico propone que para dicho terremoto se tendrían que haber destruido cerca de 2,600 viviendas de adobe o bajareque y del orden de 600 viviendas de palo o caña. De manera similar, entre 8,500 y 17,000 viviendas de adobe o bajareque y entre 1,900 y 3,800 viviendas de palo o caña deberían experimentar daños estructurales severos. Como se observa, si se incluye

viviendas con daños estructurales severos a las destruidas, el modelo propuesto brinda una estimación similar a los daños reportados por SEGEPLAN.

En la actualidad y considerando que Zacapa está catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VIII en 50 años, se propone que existe *una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 53% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas sufren daños de tipo moderado y pocas sufren daños sustanciales a severos, mientras que del 47% de las viviendas (adobe, bajareque + otros), muchas pueden experimentar daños muy severos y pocas destrucción total, como en el caso de algunas viviendas de adobe o bajareque de mala calidad o muy antiguas.* Analizando los datos del terremoto y los de la presente década, es factible suponer que de manifestarse un terremoto en los siguientes años, se podría estimar un número similar de viviendas destruidas o severamente dañadas al manifestado en 1976.

Departamento de Chiquimula

El Departamento de Chiquimula es el uno de los departamentos que colinda con Honduras y fue severamente afectado durante la sequía del año 2001. De acuerdo a los datos de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza en este departamento es 49.27% mientras que el porcentaje de alta pobreza se estima en 13.91%.



En la tabla 45 se presentan los datos de vivienda para este Departamento. En el año 1964 se contaron 29,561 viviendas y para el año 2002, este número se ha elevado a 69,507. Como en el caso de El Progreso y otros departamentos de la zona oriental del país, en este Departamento predominaba el uso del adobe y del bajareque como materiales de construcción de vivienda desde la época de la colonia, aunque también se hacía uso del palo y la caña como materiales de construcción en menor medida.

Para el año 2002 se consolida el uso del bloque y el ladrillo como en otros departamentos del país, pero también se mantiene el uso del adobe y del bajareque. La tabla 45 también permite deducir que el uso de del palo y la caña, así como de otros materiales no convencionales para la construcción de viviendas se redujo en las cuatro décadas de manera significativa, así como el uso de madera aunque en este departamento no es tan común el uso de este tipo de material. La figura 26 muestra estos comportamientos de manera gráfica, poniendo en perspectiva la incorporación del bloque y el ladrillo a partir de 1981, aunque en la última década se debe concluir que aumentó también significativamente el uso del adobe y del bajareque.

En lo que respecta a porcentajes, se puede concluir que a lo largo de las décadas se ha utilizado el adobe o el bajareque en cerca del 67% de las viviendas. El uso del bloque y el ladrillo ha llegado a un 27.8% y el uso de otros materiales como el palo o la caña y la lepa se ha reducido del 29.6% a un 6% en las cuatro décadas. Estos resultados implican que en el contexto de terremotos, prácticamente siete de cada diez viviendas pueden ser vulnerables, mientras que tres de diez no lo son. SEGEPLAN estimó que en este departamento el terremoto destruyó 1,041 viviendas. El modelo propuesto brinda los siguientes resultados teóricos: cerca de 3,400 viviendas de adobe o bajareque y 1,500 viviendas de otros materiales deberían haber sido destruidas. Adicionalmente, entre 11,000 y

22,000 viviendas de adobe o bajareque y entre 5,000 y 9,000 viviendas de otros materiales deberían haber experimentado daños estructurales severos.

Tabla 45: Evolución de la vivienda en el Departamento de Chiquimula según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lamina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	19301	22799	476	230	22769	3677	255		69507
1994	6653	15586	428	96	15584	5361	1534		45242
1981	1534	12602	702	73	12908	5082	2904		35805
1973	247	10210	502		12390	8541	1295		33185
1964	162	6672	898		13085	6723	2016	5	29561

Como se observa, en este caso el modelo sobreestima los daños debido a que en este departamento el sismo tuvo una intensidad grado V y no la propuesta de grado VIII. En tal sentido, el modelo teórico se basa en un terremoto que tenga un epicentro en la falla Jocotán-Chamelecón que atraviesa este departamento, mientras que el terremoto de 1976 ocurrió en la falla del Motagua, lejos de Chiquimula.

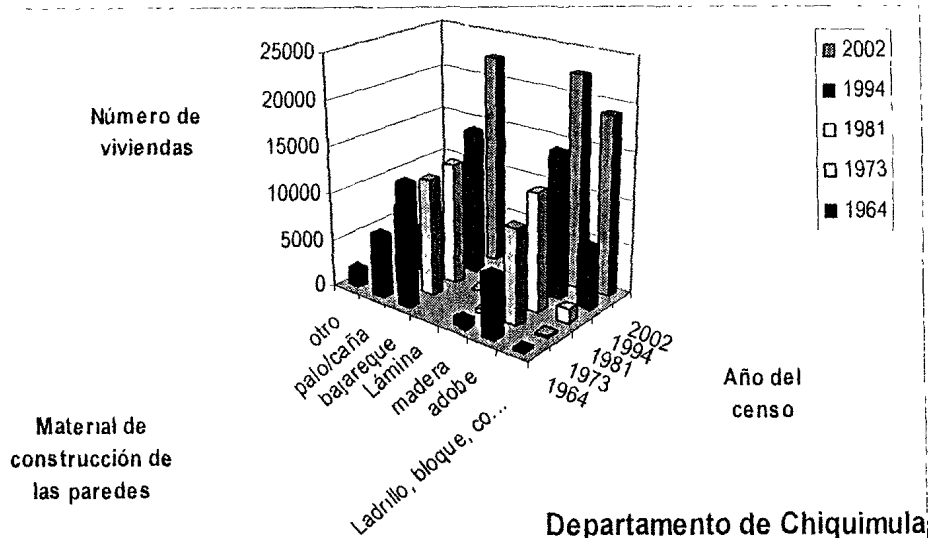


Figura 26: distribución de viviendas para el Departamento Chiquimula según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

Tabla 46: Evolución de la vivienda en el Departamento de Chiquimula según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	27,8	65,6	0,7	6,0
1994	14,7	68,9	0,9	15,5
1981	4,3	71,2	2,0	22,5
1973	0,7	68,1	1,5	29,6
1964	0,5	66,8	3,0	29,6

Catalogando Chiquimula con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VII en 50 años, se propone que existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 28% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas no experimentarán daños y pocas experimentarán daños moderados, mientras que del 72% de aquellas de adobe, bajareque o de otros materiales como el palo y la lepa, muchas de las viviendas pueden experimentar daños sustanciales a severos y pocas experimentarán daños muy severos, particularmente las de mala calidad o muy antiguas

Departamento de Jalapa

El Departamento de Jalapa es uno de los departamentos de la zona oriental del país. De acuerdo al reporte de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza es de 72.59% y el porcentaje de alta pobreza es de 29.23%. Como se puede observar en la tabla 46, para 1964 este departamento contaba con 18,884 viviendas. Dicho número se elevó en el año 2002 a 54,133 viviendas. Como en el caso de El Progreso y otros departamentos de la zona oriental del país, el adobe, el bajareque, el palo y la caña han sido los materiales típicos de construcción de viviendas y el bloque y el ladrillo han tomado auge prácticamente en la última década. El uso sostenido del adobe responde a la situación de alta pobreza que reina en este Departamento, así como en otros departamentos donde hay altos porcentajes de pobreza debido a que este material es de bajo costo y en cierta medida se amolda a la autoconstrucción. Sin embargo, como en el caso de Chiquimula y el caso de San Marcos, Huehuetenango y Quiché, este departamento fue poco afectado por el terremoto, de tal manera que también puede influir en esta práctica la falta de experiencias adversas con respecto al uso de estos materiales en caso de terremotos.

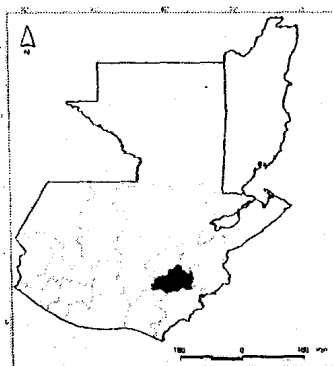


Tabla 46: Evolución de la vivienda en el Departamento de Jalapa según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	12024	35456	2577	357	2218	1251	250		54133
1994	4216	23301	2316	44	2847	3339	335		36398
1981	1491	14614	2050	37	5302	4689	136		28319
1973	40	12426	1434		5170	4846	132		24048
1964	41	7503	926		5183	5175	44	12	18884

La figura 27 muestra en forma gráfica el comportamiento en el uso de diversos materiales de construcción a lo largo de las décadas. Como se observa, para el año 2002 se redujo el número de viviendas de bajareque y las de palo o caña, pero aumentó el uso del adobe de manera considerable. Como se ha mencionado, la falta de recursos económicos impide a

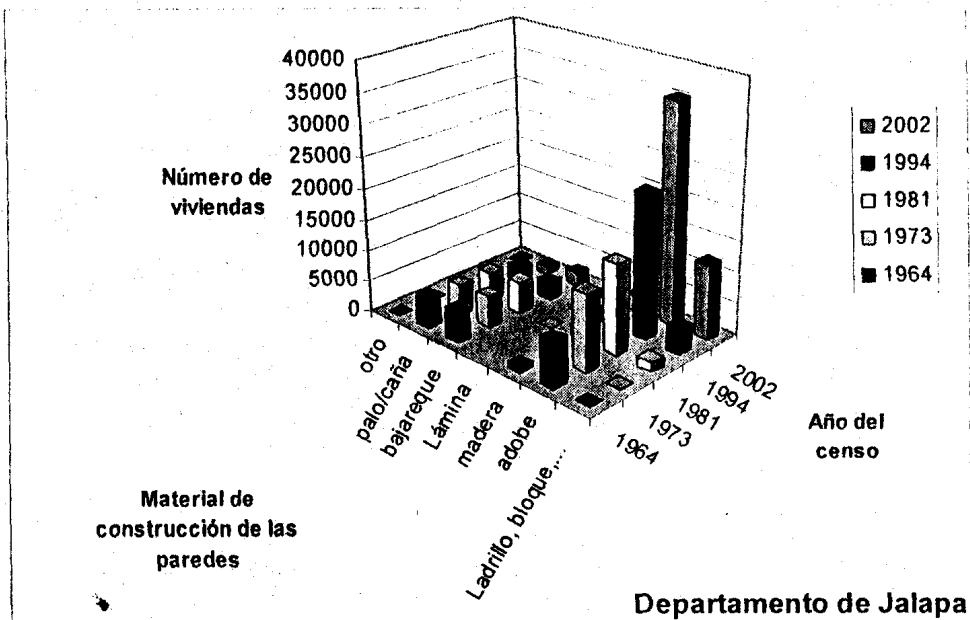


Figura 27: distribución de viviendas para el Departamento de Jalapa según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

la población el agenciarse viviendas de bloque, ladrillo o concreto con diseños sismo-resistente. En este sentido, la pobreza y la falta de experiencia pueden estas combinadas para promover que se siga utilizando el adobe como material primordial de construcción

La tabla 47 presenta los datos en forma de porcentajes. Desde el punto de vulnerabilidad estructural se puede concluir que en 1973 se tuvo en general la mayor proporción de viviendas vulnerables, en la medida en la cual prácticamente 94% de las viviendas podían ser consideradas como vulnerables. Para el año 2002, la vulnerabilidad se ha reducido a un 73% considerando en conjunto las viviendas de adobe o bajareque y las de palo o caña

Se podría decir que 7 de cada 10 viviendas son vulnerables, una situación que podría llevar a un desastre debido a que esta proporción es demasiado elevada para que se pueda manejar un desastre ocasionado por un terremoto en este caso.

Tabla 47: Evolución de la vivienda en el Departamento de Jalapa según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes

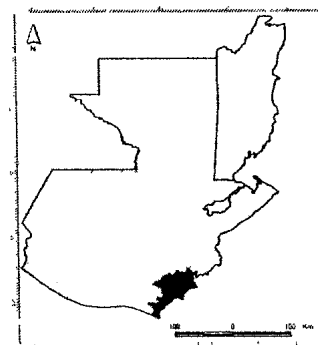
Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	22,2	69,6	4,8	3,4
1994	11,6	71,8	6,4	10,2
1981	5,3	70,3	7,2	17,2
1973	0,2	73,2	6,0	20,7
1964	0,2	67,2	4,9	27,7

Jalapa está catalogado con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VII en 50 años, se propone que existe *una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 27% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas no experimentarán daños y pocas experimentarán daños moderados, mientras que del 73% de aquellas de adobe, bajareque, lámina o de otros materiales como el palo y la lepa, muchas de las viviendas pueden experimentar daños sustanciales a severos y pocas experimentarán daños muy severos, particularmente las de mala calidad o muy antiguas.*

En 1976 SEGEPLAN estimó que el terremoto destruyó 7,491 viviendas. El modelo teórico en este caso arrojaría los siguientes resultados: cerca de 2600 viviendas de adobe o bajareque y 750 viviendas de palo o lepa deberían haber experimentado daños muy severos y entre 8,000 y 17,000 viviendas de adobe o bajareque y entre 2,500 y 5,000 viviendas de palo o lepa deberían haber experimentado daños estructurales sustanciales a severos. Como en el caso de otros departamentos, si se consideran daños de grado 3 y 4 simultáneamente se puede llegar a la cantidad de viviendas destruidas por el terremoto. La diferencia puede radicar en el hecho que el terremoto de 1976 tuvo una intensidad de grado VI en regiones de este Departamento y el modelo ha propuesto una intensidad de grado VII para todo el Departamento.

Departamento de Jutiapa

El Departamento de Jutiapa es uno de los dos departamentos de la zona oriental del país fronterizos con El Salvador. De acuerdo al reporte de SEGEPLAN, el porcentaje de pobreza es de 63.88% y el porcentaje de alta pobreza es de 23.24%. Como se puede observar en la tabla 48, para 1964 este departamento contaba con 36,063 viviendas. Dicho número se elevó en el año 2002 a 95,027 viviendas. Como en el caso de El



Progreso y otros departamentos de la zona oriental del país, el adobe, el bajareque, el palo y la caña han sido los materiales típicos de construcción de viviendas y el bloque y el ladrillo han tomado auge prácticamente en la última década.

Tabla 48: Evolución de la vivienda en el Departamento de Jutiapa según el material de construcción de las paredes.

Año	Ladrillo, bloque, concreto, cemento	Adobe	Madera	Lámina	Bajareque	Palo, caña	otro	Piedra	Total
2002	35805	48434	1370	447	6944	1528	499		95027
1994	11981	37741	1388	124	5514	3667	214		60629
1981	2642	33320	1183	105	8770	5308	562		51890
1973	825	24240	1396		11567	7543	504		46075
1964	186	14168	1235		14153	6125	111	85	36063

Como se puede apreciar en la figura 28 y en la tabla 48, el uso sostenido del adobe puede responder a la situación de alta pobreza presente en el departamento, aunque también a un patrón cultural heredado de generaciones pasadas. Sin embargo, se puede concluir que con el paso de los años se ha reducido el uso del bajareque, del palo y la caña como materiales de construcción para viviendas.

En lo que respecta a porcentajes, la tabla 49 indica que en 1964 el 78.7% de las viviendas estaba construido con adobe o bajareque, mientras el 17.3% estaba construido con otros materiales como el palo, la lepa o la caña. Como en el caso de otros departamentos de

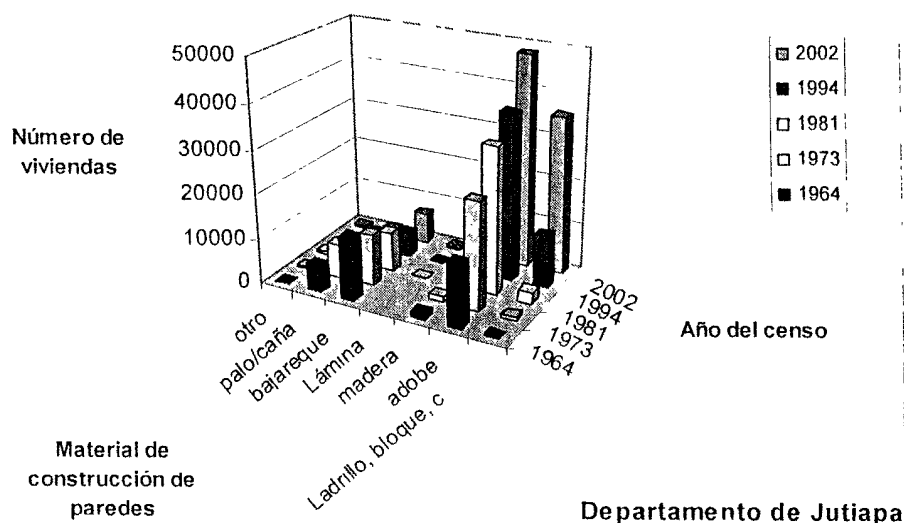


Figura 28: distribución de viviendas para el Departamento Jutiapa según el tipo de material de construcción de paredes entre 1964 y 2002. Fuente: Censos del INE.

oriente, el uso de madera para viviendas ha sido mínimo en Jutiapa. El bloque, el ladrillo y el concreto empiezan a tomar auge prácticamente en la década de los 90s de tal manera que para el año 2002 el 37.7% de las viviendas está construido con este tipo de materiales, mientras que un 58.3% de las viviendas está construido con adobe o bajareque. En resumen, se puede concluir que desde los 60s a la fecha, en proporción se ha reducido la vulnerabilidad estructural de las viviendas en este departamento, de tal manera que a la fecha se puede decir que 6 de cada 10 viviendas son vulnerables. Pero como se ha mencionado en el caso de otros departamentos, esta es una cifra demasiado elevada para un departamento en caso de materializarse un terremoto.

Para el terremoto de 1976, en Jutiapa SEGEPLAN estimó se destruyeron 1,827 viviendas en los dos municipios más poblados. Usando los datos de los censos, el modelo teórico propondría daños muy severos a cerca de 5,400 viviendas de adobe y bajareque, así como a cerca de 1,200 viviendas de palo o lepa. Estas cifras ya de por sí sobrepasan lo reportado por SEGEPLAN, pero es importante

considerar que se estimó una intensidad de grados V a VI para este departamento en el caso del terremoto de 1976 y acá se asume una de grado VII.

Jutiapa está catalogada con una probabilidad del 10% de excedencia de sismos de grado de intensidad VIII en 50 años, entonces se propone que *existe una probabilidad del 10% que en los siguientes 50 años se excedan los siguientes impactos: del 39% de las viviendas de este Departamento (que corresponde a las que están construidas con paredes de ladrillo, bloque, concreto + madera), muchas no experimentarán daños y pocas experimentarán daños moderados, mientras que del 61% de aquellas de adobe, bajareque o de otros materiales como el palo y la lepa, muchas de las viviendas pueden experimentar daños sustanciales a severos y pocas experimentarán daños muy severos, particularmente las de mala calidad o muy antiguas.*

Tabla 49: Evolución de la vivienda en el Departamento de Jutiapa según el material de construcción de las paredes. Datos presentados en porcentajes.

Año del Censo	% Ladrillo, bloque, concreto	% Adobe, Bajareque	% Madera	% Otro
2002	37,7	58,3	1,4	2,6
1994	19,8	71,3	2,3	6,6
1981	5,1	81,1	2,3	11,5
1973	1,8	77,7	3,0	17,5
1964	0,5	78,7	3,4	17,3

La alta proporción de viviendas vulnerables se reflejó durante los sismos de El Salvador de enero y febrero del 2001, de tal manera que el Gobierno, por medio de CONRED, tuvo que ejecutar un proyecto de reconstrucción de viviendas, así como un reforzamiento de viviendas de adobe en los años siguientes.

Análisis comparativo

Como se ha visto, Guatemala es un país que tradicionalmente hizo uso del adobe, del bajareque, del palo, de la caña y de la madera como materiales de construcción para viviendas. Sin embargo, en las últimas décadas y como resultado de un cambio de paradigma en lo que respecta a materiales de construcción para vivienda, en muchos de los departamentos del país se está adoptando, en la medida de las posibilidades económicas, el uso del bloque, del ladrillo y del concreto con diseños sismo-resistentes, lo que reduce considerablemente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. En términos de los datos provistos en los censos del INE es posible clasificar las viviendas en dos tipos; vulnerables o no vulnerables dependiendo de los materiales y técnicas de construcción empleadas en su construcción. La clase de viviendas no vulnerables abarca aquellas viviendas construidas con ladrillo, bloque, concreto o madera, mientras que la clase de viviendas vulnerables abarca aquellas viviendas construidas con adobe, bajareque, caña, lepa, palo, lámina y otros materiales no tradicionales pero que están incluidos en los datos de los censos. De acuerdo a los datos del Censo del 2002, la tabla 50 brinda una panorámica general sobre el número y porcentaje de viviendas vulnerables y no vulnerables en el país.

Tabla 50: Números totales y porcentajes de viviendas vulnerables y no vulnerables en caso de sismos. Fuente: Censo de INE correspondiente al año 2002.

Departamento	Baja vulnerabilidad	Alta vulnerabilidad	% Baja vulnerabilidad	% Alta vulnerabilidad
Guatemala	540929	78375	87,3	12,7
El Progreso	21439	14742	59,3	40,7
Sacatepequez	47571	6795	87,5	12,5
Chimaltenango	62297	31337	66,5	33,5
Escuintla	114233	14644	88,6	11,4
Santa Rosa	44162	30157	59,4	40,6
Solola	33843	29042	53,8	46,2
Totonicapan	17688	57789	23,4	76,6
Quetzaltenango	101529	41047	71,2	28,8
Suchitepequez	82204	8715	90,4	9,6
Retalhuleu	46300	4537	91,1	8,9
San Marcos	103905	74041	58,4	41,6
Huehuetenango	76955	120759	38,9	61,1
Quiché	48397	91606	34,6	65,4
Baja Verapaz	17583	35456	33,2	66,8
Alta Verapaz	121611	28377	81,1	18,9
Peten	69980	11626	85,8	14,2
Izabal	63871	11126	85,2	14,8
Zacapa	26511	23204	53,3	46,7
Chiquimula	19777	49730	28,5	71,5
Jalapa	14601	39532	27,0	73,0
Jutiapa	37175	57852	39,1	60,9

En términos del número total de viviendas con baja vulnerabilidad, la lista la encabezan los Departamentos de Guatemala, Alta Verapaz, Escuintla, San Marcos y Quetzaltenango, que cuentan con más de cien mil viviendas poco vulnerables con respecto a sismos. En contraste, Huehuetenango, Quiché, Guatemala y San Marcos encabezan la lista de Departamentos con mayor número de viviendas vulnerables.

En el contexto de los desastres naturales el uso de proporciones o porcentajes es de utilidad, pues dicho porcentaje brinda una idea de los sitios o regiones donde se puede manifestar un desastre que

requerirá de asistencia externa para ser manejado en contraste a una emergencia que puede ser manejada con recursos locales. Por ejemplo, los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu tienen muy bajos porcentajes de viviendas vulnerables, lo que implica que en caso de un terremoto, es posible que con los recursos locales se pueda manejar los impactos. En contraste, un terremoto en Totonicapán, Chiquimula o Jalapa seguramente generará una situación de desastre en la medida en la cual un alto porcentaje de las viviendas puede colapsar y los recursos locales no serán suficientes para atender las demandas de vivienda temporal. Además, de repetirse un terremoto en horas de la noche o madrugada, el número de fatalidades en estos departamentos podría ser muy elevado.

El cambio de paradigma que se mencionó en secciones anteriores se consolida como respuesta de la población a la masiva destrucción de viviendas de adobe o bajareque provocadas por el terremoto del 4 de febrero de 1976. Sin embargo, la continuidad en el uso del adobe en varios departamentos de la república puede estar enraizada en dos factores:

- Los altos porcentajes de pobreza que impiden a la población, en particular aquella que reside en zonas rurales, a agenciarse viviendas utilizando el bloque o el ladrillo y los refuerzos mediante columnas, zapatas y vigas de concreto.
- En algunos casos, en particular aquellos donde el terremoto de 1976 no tuvo un impacto en términos de destrucción de viviendas como San Marcos, Huehuetenango, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa, la ausencia de tales impactos no logró consolidar en la población de manera efectiva este cambio de paradigma.

En cualquier caso, la tradición o necesidad de usar adobe para la construcción de viviendas sigue siendo uno de los factores que genera riesgos en muchas zonas geográficas de la República. Tales riesgos tarde o temprano se tornan en desastres y, en algunos casos, pueden provocar fatalidades como en el caso del terremoto de 1976, donde más de 23,000 personas perdieron la vida en pocos minutos, enterradas en sus viviendas.

Una clasificación de los departamentos en base a tres rangos de porcentajes de vulnerabilidad se presenta en la figura 29 [Bajo (0 – 20%), Medio (21 – 50%) y Alto (51 – 100%)]. Como se observa, ocho departamentos pueden catalogarse en el rango de baja vulnerabilidad, siete se pueden catalogar en el rango medio y los siete restantes en un rango alto. Sin embargo, la vulnerabilidad tiene que combinarse con la amenaza para tener una idea correcta sobre los riesgos y por ende los potenciales impactos de los terremotos. Tales potenciales impactos se han presentado en la sección anterior en términos de viviendas que pueden ser destruidas o que pueden experimentar daños

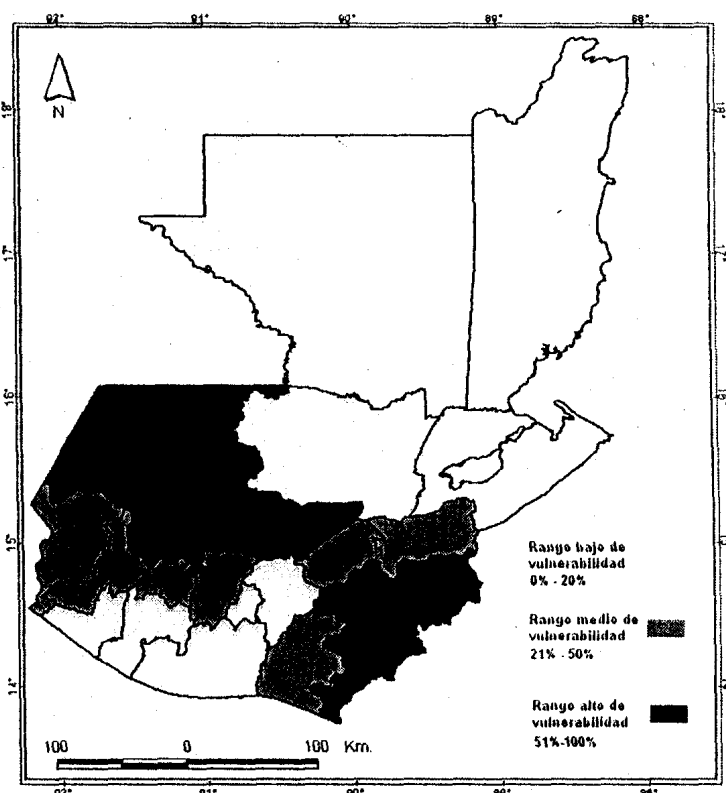


Figura 29: Departamentos clasificados según el rango de vulnerabilidad del sector vivienda.

estructurales severos dados su vulnerabilidad, pero también su exposición en términos de la amenaza sísmica. Un aspecto positivo que debe ser señalado es el hecho de que todos los departamentos clasificados con un grado de alta vulnerabilidad, con la excepción de Baja Verapaz, están situados en zonas geográficas de menor amenaza sísmica, como se puede observar en la figura 3 y en la tabla 5.

Sin embargo, también se debe notar que con excepción de Alta Verapaz, todos los departamentos clasificados como de alta vulnerabilidad presentan porcentajes de pobreza por encima del 60%. Esto implica que el Estado deberá analizar la forma en la que puede promover un programa de vivienda segura en el caso de población que no cuenta con los ingresos suficientes para realizar dicha transformación por sus propios medios. La tabla 51 resume los valores de porcentaje de vulnerabilidad alta y baja para cada departamento, así como los índices de pobreza y pobreza extrema. Aunque se puede detectar una correlación entre el porcentaje de alta vulnerabilidad y el índice de pobreza (valor de correlación es 0.57), hay discrepancias en los casos de Quetzaltenango, San Marcos, Alta Verapaz, Petén e Izabal que no pueden explicar el nivel de alta vulnerabilidad exclusivamente mediante el índice de pobreza. El mismo comentario aplica en el caso de la pobreza extrema (valor de correlación es 0.54). La mejor correlación se puede encontrar en el caso de porcentajes de viviendas de ladrillo, bloque o cemento y el índice de pobreza (valor de correlación es -0.83).

Tabla 51: Porcentaje de Vulnerabilidad (Baja y Alta) e Índices de Pobreza y Pobreza Extrema – año 2002 (Fuente: autor y SEGEPLAN).

DEPARTAMENTO	V Baja	V Alta	Índice	Índice
	Vulnerabilidad		Pobreza	Pobreza
	en %			Extrema
Guatemala	87,34	12,66	11,73	1,34
El Progreso	59,25	40,75	54,80	18,13
Sacatepequez	87,50	12,50	33,45	4,62
Chimaltenango	66,53	33,47	57,92	13,46
Escuintla	88,64	11,36	35,15	4,32
Santa Rosa	59,42	40,58	62,07	21,46
Solola	53,82	46,18	76,36	32,62
Totonicapan	23,43	76,57	85,62	55,62
Quetzaltenango	71,21	28,79	60,67	22,42
Suchitepequez	90,41	9,59	53,86	14,70
Retalhuleu	91,08	8,92	57,57	14,93
San Marcos	58,39	41,61	86,66	61,07
Huehuetenango	38,92	61,08	77,85	37,15
Quiché	34,57	65,43	81,09	36,75
Baja Verapaz	33,15	66,85	71,56	31,01
Alta Verapaz	81,08	18,92	76,40	36,60
Peten	85,75	14,25	59,30	22,16
Izabal	85,16	14,84	52,12	16,84
Zacapa	53,33	46,67	43,78	12,53
Chiquimula	28,45	71,55	49,27	13,91
Jalapa	26,97	73,03	72,59	29,23
Jutiapa	39,12	60,88	63,88	23,24

Otro factor que puede estar incidiendo en la generación de riesgos es la inexistencia e inaplicación de un código de construcción moderno que inhiba la construcción de viviendas con materiales y técnicas que las hacen vulnerables. Desafortunadamente, tres décadas después de este terremoto de 1976, Guatemala aun no cuenta con un código de construcción de viviendas adoptado por todas las municipalidades del país. En tal sentido se debe hacer un llamado de atención al Colegio de Ingenieros, a la Cámara de la Construcción, a la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica a que unan los esfuerzos que sean necesarios para que se complete este código cuya elaboración se inició a finales de los 70s y para que promuevan su adopción en municipalidades.

Un aspecto interesante que se puede deducir de los datos de los censos del INE es la comparación entre la situación de vulnerabilidad de viviendas en los años 1973 y 2002. Dicha comparación puede ser de relevancia para CONRED y para las autoridades encargadas de la respuesta y recuperación en caso de desastres como SEGEPLAN y los fondos sociales que maneja la Presidencia de la República. La Tabla 52 presenta datos sobre el número total de viviendas por

departamento consideradas como de baja y alta vulnerabilidad para los censos correspondientes a 1973 y 2002. Como se observa en las columnas relacionadas con alta vulnerabilidad, en 14 de los 22 departamentos aumentó el número de viviendas altamente vulnerables. Esto significa que de manifestarse un terremoto de características similares al de 1976 con epicentro asociado a la falla del Motagua, el número de viviendas dañadas o destruidas sería mayor que en 1976 para tales departamentos. Sin embargo, en Guatemala, Chimaltenango, Sacatepéquez, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, Alta Verapaz e Izabal se experimentarían menores daños debido a la disminución en la vulnerabilidad.

En contraste, en caso de un terremoto con epicentro en la costa sur asociado a la zona de subducción, se puede esperar que sean Jutiapa y Santa Rosa los departamentos más afectados, pues Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu manifiestan baja vulnerabilidad en este sector vivienda.

Tabla 52: Comparación de número de viviendas en alta y baja vulnerabilidad, años 1973 y 2001. (Fuente: autor)

Departamento	1971	2002	1971	2002
	V baja		V alta	
Guatemala	51605	540929	103478	78375
El Progreso	3796	21439	12579	14742
Sacatepéquez	1346	47571	16890	6795
Chimaltenango	4154	62297	33711	31337
Escuintla	30070	114233	22035	14644
Santa Rosa	7024	44162	26626	30157
Solola	2529	33843	22300	29042
Totonicapán	1572	17688	31124	57789
Quetzaltenango	17481	101529	39618	41047
Suchitepéquez	24888	82204	12731	8715
Retalhuleu	14330	46300	11533	4537
San Marcos	34726	103905	47014	74041
Huehuetenango	13128	76955	62699	120759
Quiché	5122	48397	52211	91606
Baja Verapaz	2071	17583	21227	35456
Alta Verapaz	9901	121611	46689	28377
Peten	3375	69980	10086	11626
Izabal	11384	63871	20359	11126
Zacapa	1196	26511	20938	23204
Chiquimula	749	19777	32436	49730
Jalapa	1474	14601	22574	39532
Jutiapa	2221	37175	43854	57852

Dinámica de la vulnerabilidad estructural sísmica

Para completar el modelo conceptual del riesgo sísmico, se debe reconocer que las sociedades son entes dinámicos, cambiantes en el tiempo y el espacio. En el contexto de los riesgos esto implica que los riesgos se generan o construyen a lo largo del tiempo y que hay factores que propician o permiten que se generen tales riesgos. En la figura 30 las fechas que salen del círculo representan aquellos factores que permiten que aumenten las vulnerabilidades o las deficiencias en las medidas de preparación, o que aumenten algunos tipos de amenazas como las socio-naturales y las sociales.

En el caso de la vulnerabilidad estructural asociada a sismos se pueden mencionar los siguientes factores.

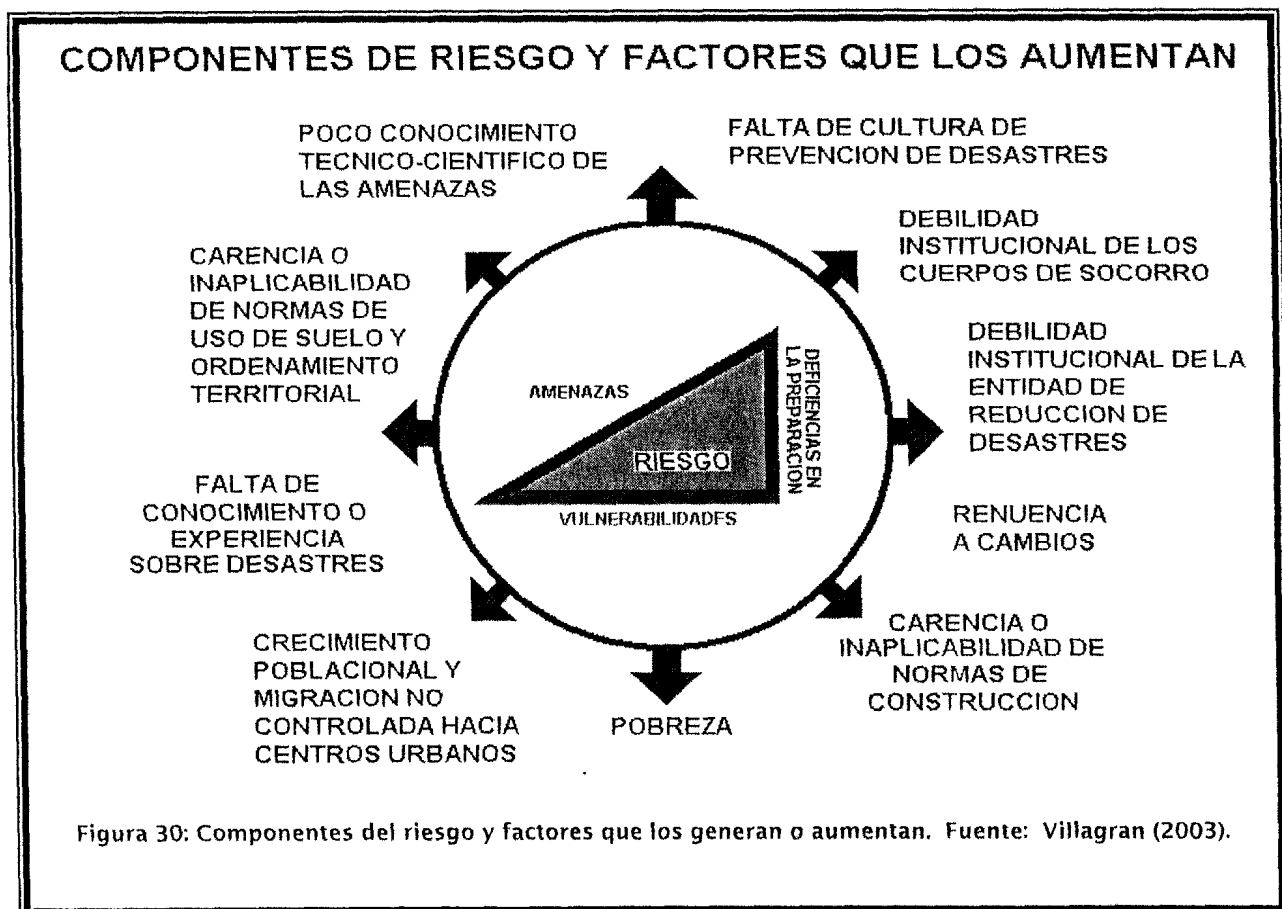
La **renuencia a cambios** se aplica en este caso a las construcciones de adobe con techo de teja, una práctica que lleva siglos de existencia en Guatemala y América Latina. En el caso de los departamentos de la República, un análisis de las tablas permite concluir que en 17 de los 22 Departamentos ha aumentado de manera consistente el uso del adobe como material de construcción de viviendas a lo largo de estas décadas, aunque es importante reconocer que también ha aumentado de manera muy significativa el uso del bloque, del ladrillo y del concreto, particularmente en zonas urbanas.

La **pobreza** es otro factor fundamental que impide a la población agenciarse recursos para la edificación de vivienda más segura. Como se ha planteado en este documento, en aquellos departamentos donde la pobreza es alta se nota el uso del adobe por su bajo costo con relación a lo que sería la mampostería reforzada por ejemplo y porque se presta para la autoconstrucción.

La **carencia o inaplicabilidad de normas o códigos de construcción** permiten a segmentos de la población construir con técnicas a su antojo y no necesariamente adecuadas para resistir el impacto de los fenómenos. A lo largo de muchos años los riesgos van creciendo y cuando finalmente se manifiesta un terremoto, lo más desafortunado es el hecho de que el colapso de viviendas puede ir acompañado de fatalidades dependiendo de la hora a la cual se manifieste el evento. Esto se nota al considerar que en Guatemala aun no existe un código sísmico nacional y que en muchos casos se toleran las construcciones de adobe o de mampostería sin las debidas normas. Por otra parte, es igualmente importante reconocer el uso de la autoconstrucción sin normas como ejemplo similar que conduce a la generación de riesgos en muchas zonas del país

La **falta de experiencia en el caso de terremotos**, en particular en la gente joven facilita que se empiece a utilizar de nuevo el adobe en esta época, pues dicha gente no pasó por la catastrófica experiencia del terremoto de 1976. Como es de esperarse, de no contar con experiencia previa, la gente joven es capaz de edificar su vivienda sin poner en duda el adobe por ejemplo, al igual que otros materiales. A nivel profesional puede suceder algo similar en la medida en la cual arquitectos pueden incorporar nuevos materiales de construcción importados que no se han probado de manera adecuada para certificar su baja vulnerabilidad en caso de sismos.

La **migración a zonas urbanas**, en particular cuando la población que migra desde zonas rurales se asienta en zonas de alta amenaza, como en los casos de los barrancos de ciudad de Guatemala, bajo condiciones altamente vulnerables debido a situaciones de pobreza o bien debido a una percepción de estancia solamente temporal en tales barrancos, motivo por el cual tal población no hace las inversiones adecuadas en torno a sus viviendas para reducir la vulnerabilidad.



Los deslizamientos disparados por sismos

En el caso de los sismos es importante mencionar el tema de deslizamientos disparados por tales fenómenos. El caso más crítico que se ha manifestado en años recientes en Centro América es el del deslizamiento de la colonia Las Colinas en la ciudad Santa Tecla situada en El Salvador el 13 de enero del 2001 como resultado del fuerte terremoto que sacudiera a ese país. Tal deslizamiento provocó la muerte de más de 600 personas que fallecieron soterradas en sus viviendas que colapsaron producto del suceso.

La amenaza por deslizamiento en el caso de sismos se manifiesta en zonas de alta pendiente que son propensas a tales fenómenos. En la actualidad se manejan dos conceptos en torno a esta amenaza: la susceptibilidad del terreno y los factores detonantes o disparadores: sismos y fuertes precipitaciones. La susceptibilidad del terreno con respecto a deslizamientos se puede analizar en base a cuatro factores:

- La pendiente del terreno: entre más elevada es la pendiente, mayor es la susceptibilidad.
- Las unidades litológicas del terreno que están asociadas al tipo de roca (en términos geológicos) del cual está compuesto el suelo y su nivel de fracturamiento.
- La densidad de lineamientos estructurales (fallas) en la zona.
- La humedad del suelo en la época en la cual se produce el sismo que puede desencadenar el deslizamiento.

Es importante reconocer que el riesgo con respecto a deslizamientos debe abarcar la zona de alta pendiente donde ocurre el deslizamiento, así como la zona de deposición del material acarreado por el deslizamiento como se evidenció durante el terremoto que destruyó viviendas en la colonia Las Colinas.

Sin embargo, debido a la naturaleza tan local de tales deslizamientos, queda fuera del ámbito de este documento que enfoca su análisis a nivel departamental el realizar un análisis de los riesgos asociados a deslizamientos disparados por sismos.

Los maremotos o “tsunamis” disparados por sismos

En el caso de los sismos también es importante mencionar el tema de maremotos disparados por tales fenómenos. El caso más crítico que se ha manifestado en años recientes en Centro América es el maremoto que ocurrió el 2 de Septiembre de 1992 en las costas del Pacífico en Nicaragua en horas de la noche, con mayor impacto en la región del puerto de Corinto como resultado del fuerte terremoto que sacudiera a ese país. Tal maremoto provocó la muerte de más de 130 personas que fallecieron producto del suceso.

Es importante reconocer que el riesgo con respecto a maremotos o tsunamis es sumamente complejo, como quedó demostrado en el reciente tsunami del 26 de diciembre del 2004 que devastara muchas regiones del Océano Índico, en particular en la ciudad de Aceh. El riesgo en este caso se debe entender como la combinación del impacto del sismo en sí, así como de la onda de agua de mar que choca contra la infraestructura situada en zonas costeras.

Aunque como en el caso de deslizamientos queda fuera del alcance de este documento un análisis a nivel departamental de los riesgos asociados a maremotos disparados por sismos, es importante mencionar que en el Océano Pacífico opera un sistema de alerta temprana para estos eventos. En Guatemala, el INSIVUMEH es el punto focal en el contexto de este sistema internacional.

Conclusiones y Recomendaciones:

Como se ha visto, en varios Departamentos de la República se han hecho esfuerzos por controlar la vulnerabilidad estructural, sin embargo, tales esfuerzos se concentran en zonas geográficas donde existen las condiciones para tal proceso. Este estudio ha permitido identificar departamentos del país que ameritan la atención debido a la existencia de áreas de alto riesgo. En tal sentido, es necesario analizar las medidas que se pueden implementar para minimizar tales riesgos y en particular, su generación o ampliación en el futuro a corto, mediano y largo plazo.

En el caso de la vulnerabilidad física o estructural, su manejo requiere de códigos o normas de construcción que abarquen tanto los materiales de construcción en términos de su calidad y propiedades físicas, así como de las técnicas de construcción que se emplean. Como es de esperarse, tales códigos deben contemplar todos los tipos de infraestructura, desde viviendas que son relativamente simples, hasta hospitales, puentes, carreteras y plantas hidroeléctricas o nucleares que requieren de diseños especiales. En tal sentido, en países como Guatemala, la Asociación de Ingenieros Estructurales y Sísmicos se ha dado la tarea de elaborar un código en base a capítulos, cada capítulo abarcando distintos tipos de infraestructura.

Dos aspectos interesantes de notar a este respecto son el impacto que tuvo el terremoto de 1976 en cambiar el paradigma de construcción de viviendas de adobe o bajareque con techos de teja de barro cocido que venía desde el tiempo de la colonia por uno de construir con bloque de cemento incorporando vigas y columnas de concreto, dando lugar a una mampostería reforzada, sin la necesidad de un código de construcción para su adopción. La sensibilización sobre el adobe y los techos de teja como los responsables de la destrucción de muchas comunidades en su totalidad fue suficiente para que la población sobreviviente adoptara tal medida. Sin embargo, los resultados del censo del 2002 indican que en aquellos sitios donde este terremoto no tuvo fuertes impactos, el uso de adobe continúa y aumenta, algo que debe ser analizado para identificar medidas de sensibilización que inhiban el uso de esta combinación de paredes de adobe y techos de teja por parte de la población en estas zonas.

Otro aspecto a notarse con respecto a la incorporación del código de construcción radica en su aplicación a estructuras ya existentes. La experiencia Colombiana en este sentido es interesante de mencionar: una vez establecido el código, se brindó un tiempo de cuatro años a todas las instituciones del sector público y privado para caracterizar la vulnerabilidad física-estructural de los edificios existentes y otros cuatro años adicionales para incorporar las normas del nuevo código y así llevar tales edificios existentes a la calidad estipulada en el nuevo código reduciendo así su vulnerabilidad.

El nuevo Código Municipal de Guatemala le delega a las Municipalidades la responsabilidad sobre el ordenamiento territorial al igual que la facultad para otorgar licencias de construcción. En tal sentido, la propuesta de nueva legislación para minimizar los desastres ocasionados por terremotos, inundaciones, deslizamientos y otros fenómenos debe iniciarse con estudios que caractericen de manera precisa, a escala municipal o de la comunidad, las amenazas para que se pueda elaborar un marco regulatorio sobre el uso del suelo. Una vez elaborado este marco, se podría someter a un referéndum en el municipio para su aceptación y posterior adopción por la población. De manera paralela, el análisis de las vulnerabilidades puede dar lugar a la elaboración de códigos de construcción, como lo está haciendo AGIES, que deberán ser adoptados por todo tipo de constructores, incluyendo el segmento de la población que utiliza la autoconstrucción. Una vez completado y aprobado el código, el proceso de otorgar licencias de construcción deberá abarcar la

revisión de los planos propuestos y su apego a los requisitos que impone el código por parte del personal de la Municipalidad encargado de otorgar las licencias de construcción y posteriormente, se debe hacer revisiones en la obra para asegurarse que se están siguiendo los planos como se han aprobado por la Municipalidad. Como un ejemplo interesante se menciona el caso de Turquía, donde se cuenta con un Código de Construcción estricto y de muy buena calidad, pero que no fue seguido en su implementación física al pie de la letra por muchos ingenieros que sustituyeron materiales requeridos en el código por materiales de baja calidad. Como resultado, el terremoto de 1999 destruyó múltiples edificios de varios pisos de altura, donde sus primeros y segundos niveles colapsaron totalmente dado que se obviaron los requisitos contemplados en el código.

La implementación de marcos regulatorios sobre el uso del suelo y los códigos de construcción debe llevarse a cabo mediante una campaña de concientización a todo nivel, así como capacitaciones para los constructores que abarcan al sector profesional de ingenieros y al sector no profesional de maestros de obra y albañiles. Un aspecto que tendrá que ser analizado y discutido será el de los requisitos mínimos con los que debe contar el personal que diseñe y construya obras de diversos tipos, esto tomando en consideración la autoconstrucción que es común en Guatemala, así como la contratación de maestros de obra o albañiles para la construcción o ampliación de viviendas, sin contar con el apoyo técnico de ingenieros que puedan identificar puntos críticos en los diseños, así como elementos necesarios para garantizar una infraestructura que sea sismo-resistente. Otro aspecto crítico que tendrá que ser analizado es el de las responsabilidades si el código no está elaborado a cabalidad.

Finalmente, en el sector vivienda, la responsabilidad sobre la generación de riesgos tiene un fuerte componente asociado a los ciudadanos de manera individual. En Guatemala, como en otros países en vías de desarrollo, las limitaciones económicas pueden conllevar a una persona a utilizar materiales o técnicas de construcción que conllevan a la generación de vulnerabilidades estructurales, que en caso de terremoto pueden ocasionar fatalidades. La autoconstrucción en

muchos casos se deja en manos de albañiles que pueden favorecer los deseos de personas de bajos recursos pero al costo de la edificación de viviendas vulnerables. En tal sentido será necesario también analizar como manejar tales causas y limitaciones para controlar el crecimiento del riesgo sísmico en Guatemala. Es de mucha importancia impedir el proceso de generación de riesgos utilizando el bloque de cemento. No porque el bloque de cemento sea un material inadecuado, sino porque en ciudades como Guatemala se está excediendo la capacidad sismo-resistente de este material de y de técnicas de construcción de mampostería. Es común ver la modificación de viviendas construidas desde hace un par de décadas mediante el establecimiento de pisos superiores, en algunos casos hasta de cuatro pisos de altura sin el debido fortalecimiento de los pisos inferiores usando técnicas sismo-resistentes. De lo contrario, Guatemala experimentará el mismo desastre que la ciudad Popoyá en Colombia en 1985, que sufriera daños estructurales masivos en este tipo de viviendas que no se adaptan a normas sismo-resistentes de construcción.



En torno a la metodología empleada es importante mencionar varios aspectos:

1. Este estudio ha manifestado la factibilidad de estimar el riesgo que pueden experimentar viviendas construidas con diversos materiales de construcción basándose en la escala macrosísmica Europea 1998. La factibilidad resulta de la implementación de clases de vulnerabilidad que incorpora dicha escala, en particular en torno a materiales de construcción que se pueden asociar directamente con datos de los censos de vivienda realizados por el INE. De manera similar, el uso de esta escala en forma inversa puede permitir identificar los grados de daños que pueden experimentar viviendas en comunidades expuestas a la amenaza sísmica. Desafortunadamente no existen escalas similares para inundaciones, deslizamientos y erupciones volcánicas, motivo por el cual es imposible en la actualidad trasladar la metodología a otras amenazas.
2. Aunque ha sido posible transformar el valor de amenaza en uno de intensidad para correlacionarlo con los materiales de construcción de viviendas en Guatemala para la deducción del riesgo estructural del sector vivienda en todos los Departamentos de la República, es necesario hacer estudios adicionales para precisar de manera más precisa esta conversión. Sin embargo, es importante reconocer el avance que se ha tenido en la caracterización de la amenaza sísmica y en poder encontrar relaciones matemáticas para transformar dicha amenaza en intensidad. Un análisis de metodologías sobre amenaza refleja que en otros casos como el de inundaciones, fuertes vientos, erupciones volcánicas y deslizamientos aun no se cuenta con un nivel de caracterización igualmente avanzado.
3. Reconociendo que se cuenta con un mapa de amenaza para toda la República, así como mapas más actualizados para diversas regiones, se propone avanzar este estudio en su precisión haciendo el análisis de riesgo a nivel municipal o a nivel de poblado. Esto se logra con los datos de los censos más recientes y permitirá identificar de manera más precisa aquellos municipios o poblados donde se debe realizar esfuerzos en materia de campañas de concientización y programas de reforzamiento de vivienda de adobe y bajareque como lo está realizando CONRED en Jutiapa. En tal sentido, este estudio sirve como base para identificar aquellos Departamentos de la República donde se hace prioritario el análisis a nivel municipal.
4. Tomando en consideración el formato en el cual se ha representado la amenaza, la unificación de tal amenaza con la vulnerabilidad brinda una idea del riesgo en un formato que resulta difícil de interpretar para la toma de decisiones sobre como avanzar en la reducción de riesgos. Como se mencionó, los tomadores de decisión prefieren certezas en vez de probabilidades pero la comunidad científica no cuenta en la actualidad con teorías que brinden certezas. Se hace una recomendación a la comunidad científica y a los tomadores de decisión para que juntos analicen como manejar la información probabilística en la mejor manera de lo posible. Un paso inicial es la discusión en torno a si la figura *10% de excedencia en 50 años* es adecuada, o si otra figura en términos de otros valores es más recomendable, en particular tomando en consideración la vida útil de infraestructura de todo tipo.

Se debe reconocer la relevancia que ha tenido el esfuerzo realizado por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala en materia de censos nacionales de vivienda que enfocan materiales de construcción de paredes, techos y pisos. Este estudio no se podría haber realizado de no existir tales datos, ni el análisis sobre como ha evolucionado la vulnerabilidad a lo largo de diversas décadas sin este esfuerzo. Reconociendo la propensión del territorio nacional a múltiples amenazas, se recomienda a dicho Instituto seguir con esta práctica de censos cada década que abarquen el sector vivienda

En el ámbito de la gestión para la reducción del riesgo, este estudio ha tenido como meta utilizar la información disponible a nivel de los departamentos de la República para identificar los riesgos existentes con respecto a sismos, así como caracterizar potenciales daños en el sector vivienda. La información deducida en base a este estudio permite identificar avenidas de acción en los distintos departamentos de la República de acuerdo al nivel de riesgo existente. Sin embargo, la gestión para la reducción de riesgo está aun en su infancia en Guatemala y se requiere promover el análisis de riesgos asociados a diversas amenazas, así como el uso de tal información sobre riesgos para identificar que medidas se deben tomar para reducir tales riesgos o inhibir su generación en el futuro. Este estudio ha sido pionero en identificar el riesgo al cual están expuestos los distintos departamentos del país, indicando probabilidades de daños en viviendas construidas con distintos materiales de construcción. No obstante, se hace necesario llevar esta información a los tomadores de decisión para que indiquen cual puede ser el mejor formato en el cual debe ser representada dicha información para que sea utilizada a nivel nacional, departamental y municipal de manera efectiva.

Un primer esfuerzo a lo largo de estas líneas debería realizarse por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda en lo que respecta a la Política Nacional de Vivienda y Asentamientos. Aunque dicha Política hace referencia a viviendas de mala calidad de términos de pisos y paredes y reconoce el déficit existente de vivienda para Guatemaltecos que aun no la poseen, o bien que viven en condiciones de hacinamiento y sin acceso a servicios básicos (electricidad, agua potable, drenaje), no hace referencia al riesgo estructural que afronta el sector vivienda en un país como Guatemala que está expuesto a múltiples tipos de amenaza. De manera similar es importante que el Fondo Nacional de la Vivienda de Guatemala, FOGUAVI, considere también estos aspectos de vivienda en riesgo e incorpore líneas de financiamiento para el retroajuste de viviendas, en particular el reforzamiento de viviendas de adobe con techo de teja en regiones de alta amenaza en el país, con la meta de reducir el riesgo existente y minimizar los impactos de futuros terremotos en este sector, en particular en aquellos departamentos donde el porcentaje de población pobre o en pobreza extrema es elevado.

Otro gran esfuerzo debe ser propiciado por CONRED en torno a la concientización de la población en toda la República, en particular en aquellas zonas donde el uso de adobe sigue en aumento, para que la población tome conciencia sobre el riesgo asociado a sismos con la meta de fomentar una cultura que inhiba desde un principio los factores que propician la generación de riesgos. Dicha campaña debe ser permanente en las regiones del país que están situadas en zonas de amenaza. Es importante reconocer los aspectos culturales de las distintas etnias de Guatemala, para lo cual se hace necesario identificar las técnicas más adecuadas en este sentido con el apoyo de expertos de las ciencias sociales, que permitan hacer llegar al mensaje a todas estas etnias de Guatemala en los formatos adaptados a sus culturas, así como por los medios más confiables y utilizados. De igual manera se recomienda a CONRED establecer un programa de preparación y respuesta mediante su sistema de coordinadoras departamentales, municipales y locales con enfoque hacia terremotos en aquellos departamentos donde el riesgo es elevado. El uso de simulacros a nivel nacional, como se realizó el 12 de julio del 2007, debe ser una práctica en todos los departamentos para fomentar una apropiación por parte de la población del tipo de medidas que se deben tomar en el caso de terremotos, así como para fortalecer las capacidades de respuesta en caso de terremotos.

Finalmente, se debe concluir este capítulo con una recomendación general a los tomadores de decisión a todo nivel, tanto en el sector público, como privado, para que fomenten el uso de información técnica y científica para la toma de decisiones en pro de un desarrollo más sostenible.

Bibliografía

EIRD (2001). **Viviendo con el Riesgo**. Ver el Glosario en el Anexo 1. Publicado por la EIRD en el año 2001. Ver página web: www.unsidr.org

Grünthal, G. y Villagrán de León, J.C. (Editores) (2003). **Escala Macrosísmica Europea 1998**. Imprenta J. Beffort, Helfent-Bertrange. Disponible en Internet: http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projects/ems/sp/index_sp.html

Grünthal, G. (2008) Comunicación privada.

Instituto Nacional de Estadística (2002). **XI Censo de Población y VI Censo de Habitación**, publicado por el INE. Guatemala, Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística (1994). **X Censo Nacional de Población y V Censo de de Habitación**, publicado por el INE. Guatemala, Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística (1981). **IX Censo de Población y IV Censo de Habitación**, publicado por el INE, Guatemala, Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística (1973). **VIII Censo de Población y III Censo de Habitación**, publicado por el INE, Guatemala, Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística (1964). **VII Censo de Población y II Censo de Habitación 1964**, publicado por el INE, Guatemala, Guatemala.

Kiremidjian, A.S.; Shah, H.C.; y L. Lubetkin, (1977). **Seismic Hazard Mapping for Guatemala**. The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Universidad de Stanford, Reporte No. 26, Mayo 1977. Disponible en internet: http://blume.stanford.edu/pdf/Tech%20Reports/TR26_Kiremidjian_et_al.pdf

Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Política Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos y Estrategia para su Implementación**. Ver página web de SEGEPLAN: http://www.segeplan.gob.gt/index.php?option=com_content&Itemid=105

Monterroso, D. Comunicación privada.

SEGEPLAN (1976). **Evaluación de los daños causados por el terremoto, su impacto sobre el desarrollo económico y social, y lineamientos para un programa inmediato de reconstrucción**. Reporte interno SEGEPLAN. Guatemala, Marzo, 1976.

SEGEPLAN (2001). **Mapas de la Pobreza de Guatemala: Instrumentos para entender el flagelo de la pobreza en el país**. Publicado por SEGEPLAN. Guatemala 2001

USGS (2007). Ver página web: http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/america/shedams_8.gif

Villagrán de León, J.C. (2006). **Vulnerability, a conceptual and methodological review**. Documento publicado en la serie SOURCE del Instituto para el Medio Ambiente y la Seguridad Humana de la Universidad de Naciones Unidas, UNU-EHS, SOURCE No. 4. 2006.

Villagrán de León, J.C. (2003). **El Manejo Integral de Inundaciones**. Publicado por JICA y CIMDEN bajo su serie *Aportes para el Desarrollo Sostenible*. 2003.

Villagrán de León, J.C. (2001). **La Naturaleza de los Riesgos, un Enfoque Conceptual**. Publicado por CIMDEN bajo su serie *Aportes para el Desarrollo Sostenible*. 2001.

Wald, D. J.; Quitoriano, V.; Heaton, T. H. y Kanamori, Hiroo. **Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity and Modified Mercalli Intensity in California Earthquake Spectra**, Vol. 15, No. 3, 557-564, 1999.

Sobre el Autor

El Dr. Juan Carlos Villagrán De León, fundador de CIMDEN, ha sido pionero de esta temática de evaluación de riesgos en América Central, brindando aportes como consultor regional para varias organizaciones tales como el Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales de América Central, CEPREDENAC, así como para la Agencia de Cooperación Técnica Alemana, GTZ, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, la Universidad de Naciones Unidas y para instituciones nacionales de protección o defensa civil. El Dr. Villagrán ha diseñado diversas metodologías para la evaluación de riesgos a nivel local, municipal y departamental; creó la gerencia de gestión para la reducción del Riesgo en CONRED, Guatemala, y se dedica a la investigación científica, en particular en áreas de geofísica, gestión para la reducción de riesgos, alerta temprana, física de superficies y óptica aplicada.



ESQUEMA DE ANALISIS

