

CAPRA

CENTRAL AMERICA PROBABILISTIC RISK ASSESSMENT
EVALUACIÓN PROBABILISTA DE RIESGOS EN CENTRO AMÉRICA

GUATEMALA

TAREA I

**IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS, REVISIÓN
HISTÓRICA Y ANÁLISIS PROBABILISTA**

INFORME TÉCNICO SUBTAREA 2.1

**CARACTERIZACIÓN, CLASIFICACIÓN Y
VALORACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS**





Evaluación de Riesgos Naturales
- América Latina -
Consultores en Riesgos y Desastres

Consortio conformado por:

Colombia

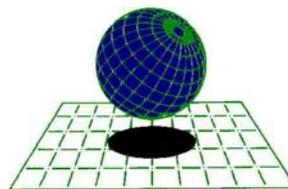
Carrera 19A # 84-14 Of 504
Edificio Torrenova
Tel. 57-1-691-6113
Fax 57-1-691-6102
Bogotá, D.C.



INGENIERIA TECNICA Y CIENTIFICA LTDA

España

Centro Internacional de Métodos Numéricos
en Ingeniería - CIMNE
Campus Nord UPC
Tel. 34-93-401-64-96
Fax 34-93-401-10-48
Barcelona



C I M N E

México

Vito Alessio Robles No. 179
Col. Hacienda de Guadalupe Chimalistac
C.P.01050 Delegación Álvaro Obregón
Tel. 55-5-616-8161
Fax 55-5-616-8162
México, D.F.



ERN Ingenieros Consultores, S. C.

ERN Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina
www.ern-la.com

Dirección y Coordinación de Grupos de Trabajo Técnico – Consorcio ERN América Latina

Omar Darío Cardona A.
Dirección General del Proyecto

Luis Eduardo Yamín L.
Dirección Técnica ERN (COL)

Gabriel Andrés Bernal G.
Coordinación General ERN (COL)

Mario Gustavo Ordaz S.
Dirección Técnica ERN (MEX)

Eduardo Reinoso A.
Coordinación General ERN (MEX)

Alex Horia Barbat B.
Dirección Técnica CIMNE (ESP)

Martha Liliana Carreño T.
Coordinación General CIMNE (ESP)

Especialistas y Asesores – Grupos de Trabajo

Miguel Genaro Mora C.
Especialista ERN (COL)

César Augusto Velásquez V.
Especialista ERN (COL)

Karina Santamaría D.
Especialista ERN (COL)

Mauricio Cardona O.
Asistente Técnico ERN (COL)

Andrés Mauricio Torres C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Diana Marcela González C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Yinsury Sodel Peña V.
Asistente Técnico ERN (COL)

Andrei Garzón B.
Asistente Técnico ERN (COL)

Carlos Eduardo Avelar F.
Especialista ERN (MEX)

Benjamín Huerta G.
Especialista ERN (MEX)

Mauro Pompeyo Niño L.
Especialista ERN (MEX)

Isaías Martínez A.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Edgar Osuna H.
Asistente Técnico ERN (MEX)

José Juan Hernández G.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Marco Torres
Asesor Asociado (MEX)

Johner Venicio Correa C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Mabel Cristina Marulanda F.
Especialista CIMNE(ESP)

Jairo Andrés Valcarcel T.
Especialista CIMNE(ESP)

Juan Pablo Londoño L.
Especialista CIMNE(ESP)

René Salgueiro
Especialista CIMNE(ESP)

Nieves Lantada
Especialista CIMNE(ESP)

Álvaro Martín Moreno R.
Asesor Asociado (COL)

Mario Díaz-Granados O.
Asesor Asociado (COL)

Liliana Narvaez M.
Asesor Asociado (COL)

Asesores Nacionales

Osmar E. Velasco
Guatemala

Sandra Zúñiga
Nicaragua

Alonso Brenes
Costa Rica

Banco Mundial – Gestión de Riesgo de Desastres / Región Latinoamérica y el Caribe

Francis Ghesquiere
Coordinador Regional

Oscar A. Ishizawa
Especialista

Joaquín Toro
Especialista

Fernando Ramírez C.
Especialista

Edward C. Anderson
Especialista

Stuart Gill
Especialista

Banco Interamericano de Desarrollo – Medio Ambiente / Desarrollo Rural / Desastres Naturales

Flavio Bazán
Especialista Sectorial

Cassandra T. Rogers
Especialista Sectorial

Hori Tsuneki
Consultor Interno

Tabla de contenido

1	Generalidades y necesidades de información	1-1
1.1	Parámetros generales	1-1
1.2	Información Básica Requerida.....	1-2
1.3	Información integral en centros poblados.....	1-3
1.4	Base de datos de componentes de infraestructura	1-4
1.5	Parámetros para caracterizar la vulnerabilidad física y humana.....	1-5
2	Lineamientos para la creación del modelo aproximado de exposición a nivel país, región, ciudad o población	2-1
2.1	Generalidades	2-1
2.2	Modelo general de datos a nivel país	2-3
2.3	Modelo Nivel 1	2-4
2.3.1	Definición de unidades geográficas y ciudades	2-4
2.3.2	Definición de índices generales para asignación de parámetros	2-4
2.3.3	Asignación de población y área de construcción a cada unidad geográfica	2-6
2.3.4	Asignación de los valores de reposición por tipos de uso en cada unidad geográfica.....	2-7
2.3.5	Asignación de la ocupación por tipos de uso en cada unidad geográfica	2-7
2.3.6	Infraestructura a nivel país.....	2-7
2.3.7	Infraestructura a nivel de ciudades.....	2-8
2.3.8	Resultados generales del modelo de exposición aproximado.....	2-9
2.4	Modelo Nivel 2	2-9
2.4.1	Sistema de captura de información básica de exposición	2-9
2.4.2	Complementación de la información en la base de datos.....	2-14
2.4.3	Procedimiento final para asignación de variables.....	2-14
2.4.4	Ajuste de la valoración de activos	2-15
2.4.5	Información para afectación humana	2-16
2.4.6	Información para impacto económico indirecto.....	2-16
2.5	Modelo Nivel 3	2-17
3	Modelo de exposición aproximada a nivel país	3-1
3.1	Información general del país	3-1
3.1.1	Conformación de la base de datos para el análisis de riesgo.....	3-1
3.1.2	Descripción geográfica y división política del país.....	3-1
3.1.3	Distribución de la población	3-3
3.2	Base de datos de construcciones.....	3-4
3.2.1	Metodología y alcance.....	3-4
3.2.2	Conformación de la base de datos de construcciones	3-5
3.3	Base de datos de infraestructura urbana	3-7

3.3.1	Metodología y alcance.....	3-7
3.3.2	Conformación de la base de datos de infraestructura urbana.....	3-7
3.4	Base de datos de infraestructura nacional	3-8
3.4.1	Metodología y alcance.....	3-8
3.4.2	Conformación de la base de datos de infraestructura nacional	3-9
3.5	Resumen general de indicadores de exposición.....	3-10
3.6	Presentación gráfica del modelo de activos expuesto.....	3-12
3.6.1	Edificaciones urbanas según área construida y valor por departamentos y grupos de uso	3-12
3.6.2	Infraestructura urbana según valores por departamentos y sectores	3-18
3.6.3	Infraestructura nacional según valores por departamentos y sectores.....	3-20
3.6.4	Resumen de valores expuestos totales por departamentos y sectores.....	3-22
3.6.5	Información en mapas descriptivos	3-24
4	Modelo de exposición para ciudades y poblaciones	4-1
4.1	Modelo de exposición para Ciudad de Guatemala.....	4-1
4.1.1	Levantamiento de la información básica.....	4-1
4.1.2	Información de exposición de predios.....	4-2
4.2	Modelo de exposición para Ocosingo.....	4-5
4.2.1	Levantamiento de la información básica.....	4-5
4.2.2	Información de exposición de predios.....	4-6
4.3	Modelo de exposición para Puerto Barrios.....	4-10
4.3.1	Levantamiento de la información básica.....	4-10
4.3.2	Información de exposición de predios.....	4-11
4.4	Modelo de exposición para Santiago de Atitlán.....	4-14
4.4.1	Levantamiento de la información básica.....	4-14
4.4.2	Información de exposición de predios.....	4-15
4.5	Modelo de exposición para Los Pocitos	4-18
4.5.1	Levantamiento de la información básica.....	4-18
4.5.2	Información de exposición de predios.....	4-19
4.6	Modelo de exposición para Zacapa.....	4-22
4.6.1	Levantamiento de la información básica.....	4-22
4.6.2	Información de exposición de predios.....	4-23
5	Principales fuentes de información	5-1

Índice de figuras

FIGURA 2-1 MODELO DE EXPOSICIÓN DE PAÍS	2-1
FIGURA 3-1 DIVISIÓN POLÍTICA NACIONAL PRINCIPALES ENTIDADES SUBNACIONALES Y CENTROS POBLADOS.....	3-2
FIGURA 3-2 EXTENSIÓN TERRITORIAL	3-13
FIGURA 3-3 POBLACIÓN POR DEPARTAMENTO	3-13
FIGURA 3-4 DENSIDAD DE POBLACIÓN POR DEPARTAMENTO	3-14
FIGURA 3-5 ÁREA CONSTRUIDA POR DEPARTAMENTO	3-14
FIGURA 3-6 VALORES EXPUESTOS DE EDIFICACIONES REGULARES POR DEPARTAMENTO	3-15
FIGURA 3-7 ÁREA CONSTRUIDA POR GRUPO DE USO	3-15
FIGURA 3-8 VALOR EXPUESTO POR GRUPO DE USO	3-16
FIGURA 3-9 ÁREA CONSTRUIDA POR DEPARTAMENTO Y GRUPO DE USO	3-16
FIGURA 3-10 VALOR EXPUESTO POR DEPARTAMENTO Y GRUPO DE USO	3-17
FIGURA 3-11 VALOR EXPUESTO EN INFRAESTRUCTURA URBANA POR DEPARTAMENTOS.....	3-18
FIGURA 3-12 VALOR EXPUESTO EN INFRAESTRUCTURA URBANA POR SECTOR	3-19
FIGURA 3-13 VALOR EXPUESTO EN INFRAESTRUCTURA URBANA POR DEPARTAMENTO Y SECTOR	3-19
FIGURA 3-14 VALOR EXPUESTO EN INFRAESTRUCTURA NACIONAL POR DEPARTAMENTO	3-20
FIGURA 3-15 VALOR EXPUESTO EN INFRAESTRUCTURA NACIONAL POR SECTOR	3-21
FIGURA 3-16 VALOR EXPUESTO EN INFRAESTRUCTURA NACIONAL POR DEPARTAMENTO Y SECTOR	3-21
FIGURA 3-17 VALOR TOTAL EXPUESTO NACIONAL POR DEPARTAMENTO	3-22
FIGURA 3-18 VALOR TOTAL EXPUESTO NACIONAL POR SECTORES.....	3-23
FIGURA 3-19 VALOR TOTAL EXPUESTO EN INFRAESTRUCTURA NACIONAL POR DEPARTAMENTOS Y SECTORES	3-23
FIGURA 3-20 VALOR EXPUESTO NACIONAL POR SECTOR.....	3-24
FIGURA 3-21 POBLACIÓN POR MUNICIPIO.....	3-25
FIGURA 3-22 DENSIDAD POBLACIONAL POR MUNICIPIO	3-26
FIGURA 3-23 ÁREA CONSTRUIDA POR MUNICIPIO	3-27
FIGURA 3-24 DENSIDAD DE ÁREA CONSTRUIDA POR MUNICIPIO	3-28
FIGURA 3-25 VALORES EXPUESTOS DE CONSTRUCCIONES POR MUNICIPIO	3-29
FIGURA 3-26 VALORES EXPUESTOS EN INFRAESTRUCTURA URBANA POR MUNICIPIO	3-30
FIGURA 3-27 VALORES EXPUESTOS EN INFRAESTRUCTURA NACIONAL POR MUNICIPIO	3-31
FIGURA 3-28 VALOR EXPUESTO TOTAL POR MUNICIPIO	3-32
FIGURA 3-29 VALOR EXPUESTO POR KM ² DE ÁREA POR MUNICIPIO.....	3-33
FIGURA 3-30 DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE VALORES EXPUESTOS SEGÚN SECTORES POR DEPARTAMENTOS..	3-34
FIGURA 4-1 MAPA DE ZONAS HOMOGÉNEAS DE CIUDAD DE GUATEMALA	4-2
FIGURA 4-2 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-4
FIGURA 4-3 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-4
FIGURA 4-4 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-5
FIGURA 4-5 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-5
FIGURA 4-6 MAPA DE PREDIOS DE OCÓS	4-6
FIGURA 4-7 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-7
FIGURA 4-8 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES.	4-8
FIGURA 4-9 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-9
FIGURA 4-10 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-9

FIGURA 4-11 MAPA DE PREDIOS DE PUERTO BARRIOS	4-10
FIGURA 4-12 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-12
FIGURA 4-13 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-12
FIGURA 4-14 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-13
FIGURA 4-15 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-13
FIGURA 4-16 MAPA DE MANZANAS HOMOGÉNEAS DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO ATITLÁN	4-14
FIGURA 4-17 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES .	4-16
FIGURA 4-18 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-16
FIGURA 4-19 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-17
FIGURA 4-20 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-17
FIGURA 4-21 MAPA DE PREDIOS DE LOS POCITOS	4-18
FIGURA 4-22 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES .	4-20
FIGURA 4-23 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-20
FIGURA 4-24 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-21
FIGURA 4-25 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y NÚMERO DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-21
FIGURA 4-26 MAPA DE PREDIOS DE ZACAPA.....	4-22
FIGURA 4-27 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES .	4-24
FIGURA 4-28 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y EDIFICACIONES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-24
FIGURA 4-29 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-25
FIGURA 4-30 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS	4-25

Índice de tablas

TABLA 2-1 ASIGNACIÓN DE NIVELES DE COMPLEJIDAD – VALORES INDICATIVOS	2-5
TABLA 2-2 TIPO DE USO EN CIUDADES	2-5
TABLA 2-3 ÍNDICES DE CONSTRUCCIÓN M ² /HAB – VALORES INDICATIVOS	2-5
TABLA 2-4 DISTRIBUCIÓN \$/M ² DE CONSTRUCCIONES POR CIUDAD- VALORES INDICATIVOS.....	2-6
TABLA 2-5 ASIGNACIÓN DE OCUPACIÓN MÁXIMA EN HAB/100 M ² – VALORES INDICATIVOS.....	2-6
TABLA 2-6 DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN SEGÚN USO DE LA EDIFICACIÓN.....	2-16
TABLA 3-1 DISTRIBUCIÓN ENTIDADES SUBNACIONALES	3-3
TABLA 3-2 CARACTERÍSTICAS DE LAS CIUDADES MÁS IMPORTANTES	3-3
TABLA 3-3 NIVEL DE COMPLEJIDAD	3-5
TABLA 3-4 INDICADORES DE POBREZA	3-5
TABLA 3-5 DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS CONSTRUIDAS POR UNIDAD SUBNACIONAL Y GRUPO DE USO	3-5
TABLA 3-6 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS POR UNIDAD SUBNACIONAL Y GRUPO DE USO	3-6
TABLA 3-7 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN CARACTERÍSTICA POR ENTIDAD SUBNACIONAL Y GRUPO DE USO (ESCENARIO DÍA).....	3-6
TABLA 3-8 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN CARACTERÍSTICA POR UNIDAD SUBNACIONAL Y GRUPO DE USO (ESCENARIO NOCHE).....	3-6
TABLA 3-9 VALORES EN EXPOSICIÓN DE SISTEMA DE TRANSPORTE, DE SERVICIOS PÚBLICOS Y REDES	3-8
TABLA 3-10 VALORES DE EXPOSICIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL	3-9
TABLA 3-11 VALORES DE EXPOSICIÓN DE INFRAESTRUCTURA NACIONAL	3-10
TABLA 3-12 INDICADORES Y PARÁMETROS GENERALES	3-10
TABLA 3-13 ÁREAS Y DENSIDADES DE CONSTRUCCIÓN.....	3-10
TABLA 3-14 VALORACIÓN ECONÓMICA DE INFRAESTRUCTURA	3-11
TABLA 3-15 ÁREA DE CONSTRUCCIÓN Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE CONSTRUCCIONES URBANAS	3-11
TABLA 3-16 OCUPACIÓN SEGÚN GRUPOS DE USO Y ESCENARIOS DIURNO Y NOCTURNO.....	3-11
TABLA 3-17 VALORACIÓN DE INFRAESTRUCTURA URBANA	3-12
TABLA 3-18 VALORACIÓN DE INFRAESTRUCTURA NACIONAL.....	3-12
TABLA 4-1 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES	4-3
TABLA 4-2 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-3
TABLA 4-3 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR NÚMERO DE PISOS	4-4
TABLA 4-4 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES	4-7
TABLA 4-5 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-7
TABLA 4-6 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR NÚMERO DE PISOS.....	4-8
TABLA 4-7 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES.....	4-11
TABLA 4-8 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-11
TABLA 4-9 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR NÚMERO DE PISOS	4-13
TABLA 4-10 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES.....	4-15
TABLA 4-11 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-16
TABLA 4-12 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR NÚMERO DE PISOS	4-17
TABLA 4-13 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES.....	4-19
TABLA 4-14 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-19
TABLA 4-15 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR NÚMERO DE PISOS	4-20
TABLA 4-16 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES	4-23
TABLA 4-17 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	4-23
TABLA 4-18 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR NÚMERO DE PISOS	4-25

1 Generalidades y necesidades de información

El análisis de riesgo involucra la evaluación de los elementos expuestos susceptibles a sufrir daño o afectación por las amenazas consideradas. Dichos elementos expuestos pueden ser componentes de obras de infraestructura, sus contenidos, y de manera general los ocupantes de la infraestructura expuesta o los habitantes de las poblaciones consideradas. En general, puede incluirse en la base de datos cualquier elemento geográficamente referenciado susceptible de sufrir algún tipo de efecto por causa de cualquier parámetro de intensidad de amenaza que se defina. Una vez caracterizado cada uno de los componentes expuestos se hace necesario asignarles como mínimo una valoración económica, una ocupación humana y las funciones de vulnerabilidad correspondientes lo cual se explica en detalle en el capítulo siguiente.

De acuerdo con lo anterior se hace necesario realizar análisis de los elementos expuestos que permitan su geo-referenciación y su caracterización. Normalmente este tipo de información no está fácilmente disponible por lo cual es necesario diseñar procedimientos aproximados que con base en información básica permitan realizar estimativos confiables de los parámetros relevantes para la caracterización de la exposición y la asignación de la vulnerabilidad.

1.1 Parámetros generales

La valoración del riesgo de infraestructura expuesta exige la conformación de una adecuada base de datos georeferenciada de activos en una determinada zona, para la cual se tenga disponible información de amenaza de uno o varios de los fenómenos naturales que puedan producir daño o afectación.

En términos generales, el análisis de riesgo que se desee realizar obliga a la consecución de determinada información básica que debe quedar en el inventario de activos disponible.

En particular, el inventario debe incluir información referente a los siguientes temas específicos:

- Ubicación en términos de coordenadas geográficas.
- Caracterización geométrica en planta del bien mediante un archivo en formato Shape (puntos, polilíneas, polígonos). Esta información se utiliza principalmente para visualización de datos y resultados y para definición de la intensidad del fenómeno amenazante.
- Valoración económica del bien
- Ocupación humana.

- Parámetros que caracterizan la vulnerabilidad del bien, o directamente la asignación de una función de vulnerabilidad establecida. La vulnerabilidad debe especificarse en términos del daño físico (incluidos los contenidos) y/o en términos de la afectación humana (normalmente el número esperado de víctimas), como función de la intensidad seleccionada para el fenómeno amenazante.

En primera instancia se conforman inventarios de activos con ciertos parámetros generales que permiten caracterizar su geometría y su vulnerabilidad y posteriormente se asignan una serie de parámetros complementarios que permiten caracterizar las variables de medición del riesgo.

La información disponible debe permitir la caracterización del riesgo en términos de afectación económica directa y en los contenidos, posible cálculo de pérdidas asociadas a la interrupción del funcionamiento y la estimación de la afectación de los ocupantes en términos de fatalidades, personas heridas que requieren servicios médicos especializados y personas afectadas (por ejemplo en términos de personas sin vivienda o sin lugar de trabajo) (ver Informe ERN-CAPRA-T1-6 “Metodología de análisis de probabilista de riesgos y sus aplicaciones”).

1.2 Información Básica Requerida

En general el sistema CAPRA está diseñado de manera que el requerimiento de información sea mínimo, pero que en caso de existir información más detallada, esta se pueda ir mejorando e integrando al análisis. Los requerimientos mínimos de información para cada uno de los bienes expuestos son los siguientes:

- Número de referencia
- Ubicación geográfica en coordenadas
- Tipo constructivo para asignación de función de vulnerabilidad
- Referencia de la función de vulnerabilidad humana
- Valoración económica
- Ocupación humana

Con estos datos complementados con la información correspondiente a las amenazas y la información asociada a una función de vulnerabilidad determinada de daño físico y una función de vulnerabilidad de afectación humana, quedan definidos de manera integral los parámetros para la evaluación del riesgo.

Dentro de los activos expuestos pueden incluirse diversos componentes de infraestructura incluyendo cualquier tipo de edificación y componentes tales como tramos viales, puentes, túneles, componentes del sistema eléctrico, componentes de sistema de comunicaciones, tramos de sistemas de tuberías de acueductos o alcantarillados, presas, diques, muros o

cualquier componente de estructuras de contención, y en general cualquier otro componente que pueda presentar daño ante la acción del fenómeno amenazante.

El sistema permitiría la definición de otro tipo de componentes como son zonas de cultivo o en general cualquier otro elemento susceptible de daño que permita una georeferenciación y una asignación de una función de vulnerabilidad particular ante una intensidad relacionada con un fenómeno amenazante cuya distribución geográfica es conocida.

1.3 Información integral en centros poblados

Para construir la base de datos de edificaciones en centros poblados se utiliza principalmente la información disponible a nivel catastral o de censos recientes. Considerando que la información disponible rara vez incluye todos los datos relevantes requeridos, es necesario aplicar unos algoritmos de complementación y ajuste de información que permitan contar con una base de datos completa y consistente. La información normalmente utilizada para la base de datos de edificaciones es la siguiente:

- Número de sistema
- Nombre del sistema
- Número del componente
- Nombre
- Descripción
- Ubicación geográfica, a través de mapas en formato Shape (puntos, polilíneas o polígonos).
- Tipo de suelo
- Número de pisos
- Área de construcción
- Uso predominante
- Tipo constructivo
- Fecha de construcción
- Muros divisorios
- Material y tipo de fachada
- Material en primer piso
- Material en pisos superiores
- Tipo y materiales de cubierta
- Tipo y clasificación de contenidos
- Edad
- Estado actual de la construcción
- Estrato socioeconómico
- Irregularidades y defectos
- Valoración económica de la estructura, elementos no estructurales y contenidos
- Ocupación máxima de la construcción en número de personas
- Costo unitario rehabilitación sísmica

- Información de funciones de vulnerabilidad por tipo de amenaza

Con respecto a la valoración de cada componente se debe tener en cuenta que se trata del valor de reposición y se debe en general tener información sobre:

- Valor de la estructura sola
- Valor de acabados internos (muros, etc)
- Valor de cubierta
- Valor de fachadas
- Valor de contenidos
- Valor de lucro por unidad de tiempo y tiempos estimados de reparaciones importantes

Finalmente la ocupación a cada componente del análisis se asigna para un escenario definido por el usuario. Debe ser compatible con los índices regionales de densidad de población. Normalmente se consideran escenarios diurnos y nocturnos aunque esto es a elección del usuario.

1.4 Base de datos de componentes de infraestructura

El inventario de elementos expuestos puede incluir también información relevante de otros componentes entre los cuales se pueden nombrar los siguientes:

- Tuberías, oleoductos y gasoductos
- Subestaciones del sistema de gasoductos y oleoductos
- Tramos viales
- Puentes
- Túneles
- Presas y embalses
- Componentes de proyectos hidroeléctricos
- Centros industriales importantes
- Subestaciones eléctricas
- Líneas de transmisión eléctricas
- Subestaciones de comunicaciones
- Torres importantes
- Antenas
- Estaciones pluviométricas
- Componentes de sistemas de acueductos y alcantarillados
- Diques, muros y estructuras de contención
- Instalaciones industriales relevantes tales como refinerías, centrales termoeléctricas, subestaciones |
- Cualquier otro componente que pueda presentar daño.

Para la modelación de algunos de los anteriores componentes se pueden utilizar analogías con otros componentes similares modelados y se pueden realizar descomposiciones hipotéticas de elementos característicos que componen una instalación determinada. Por ejemplo el proyecto típico de generación hidroeléctrica incluye una presa, túneles, tuberías de conducción y de carga, subestación eléctrica, cuarto de máquinas y tubería de descarga.

Para la modelación de componentes de infraestructura individuales se requiere la definición únicamente de los parámetros básicos de los activos según el numeral 1.2.

1.5 Parámetros para caracterizar la vulnerabilidad física y humana

La caracterización de la vulnerabilidad de un componente cualquiera del inventario de activos se hace mediante la asignación directa de la función de vulnerabilidad correspondiente. Para el efecto se asigna una función de vulnerabilidad única para la afectación física y una función de vulnerabilidad única para la afectación humana.

Con respecto a la función de vulnerabilidad física, ésta debe incluir de ser necesario, la ponderación respectiva de los porcentajes de afectación y los valores relativos correspondientes a:

- Pérdidas directas
- Pérdidas en los contenidos
- Pérdidas asociadas a lucro cesante o interrupción del funcionamiento (se expresa normalmente como el tiempo que estará el componente fuera de servicio en función de la intensidad ó del daño directo).

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante eventos sísmicos se requiere la siguiente información:

- Sistema estructural característico
- Material estructural
- Características estructurales especiales: normalmente existen características especiales que hacen que una construcción determinada presente un comportamiento diferente al típico observado por lo cual debe registrarse dicha característica. Incluye por ejemplo aspectos de irregularidad en planta o altura, edificación de esquina, defectos especiales como columnas cortas, esbeltez excesiva, daños previos, asentamientos evidentes y otros.

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante eventos de viento se requiere la siguiente información:

- Factor de forma de la edificación
- Tipo de fachada y materiales
- Tipo de cubierta y materiales

- Tipo de conexiones

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante eventos de inundación se requiere la siguiente información:

- Tipo de material de pisos
- Grado de calidad de acabados en zonas inundables. .

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante caída de cenizas se considera la siguiente información:

- Tipo de estructura
- Tipo de cubierta

Para los otros tipos de amenazas tales como deslizamientos, flujos piroclásticos, o flujos de lava, las funciones de vulnerabilidad son en general únicas, independientes de las características de las construcciones o componentes de infraestructura expuestos.

Con respecto a la vulnerabilidad humana, esta se expresa mediante el número esperado de víctimas (en los términos detallados que el usuario desee, es decir fallecidos, heridos, afectados o cualquier otra, según sea la información que tengan a disposición) como porcentaje del número total de personas expuestas y su varianza.

2 Lineamientos para la creación del modelo aproximado de exposición a nivel país, región, ciudad o población

2.1 Generalidades

La información de exposición frente a fenómenos naturales corresponde al inventario de bienes inmuebles e infraestructura que pueden ser afectados y se expresa en términos de activos y de población. Es un componente fundamental en el análisis o evaluación de riesgo y de su resolución y detalle depende el grado de precisión de los resultados. El modelo puede evaluarse con diferentes niveles de resolución y cuando no se cuenta con información al detalle es necesario realizar estimaciones aproximadas que representen o den cuenta de dicho inventario de activos expuestos en forma aproximada. La Figura 2-1 presenta el procedimiento general para desarrollar un modelo simplificado de activos expuestos para un país o región cualquiera.

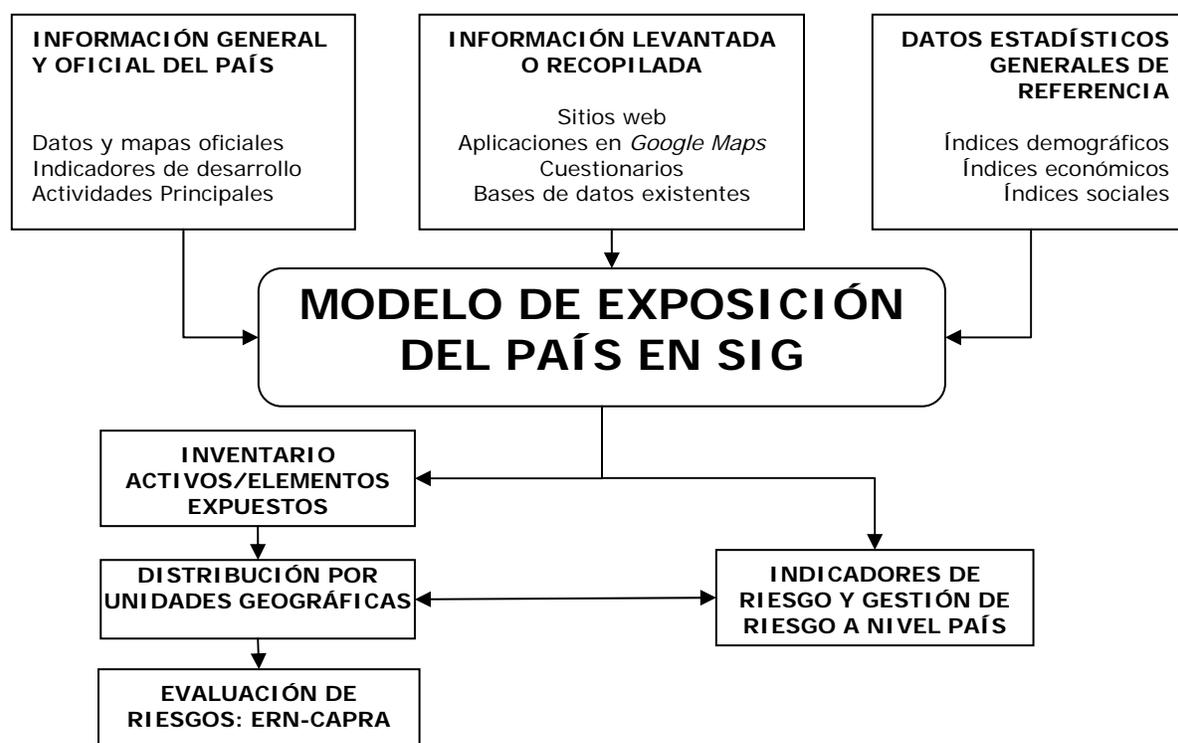


Figura 2-1
Modelo de exposición de país

El modelo de exposición aproximado requiere las siguientes definiciones:

- Caracterización geográfica y división política: el modelo se plantea mediante una categorización en las siguientes unidades:

- i. Departamentos o provincias (unidades subnacionales)
- ii. Municipios que conforman departamentos
- iii. Ciudades principales que conforman municipios
- iv. Los municipios a su vez estarían subdivididos en área rural y área urbana.

Nota: la nomenclatura podría cambiar de país en país pero en general se mantiene el carácter de división política propia de cada país.

- (b) Para caracterizar las diferentes zonas urbanas se plantea una zonificación en regiones homogéneas en términos de características de la infraestructura, concentración de población, actividad económica, condiciones socioeconómicas, características topográficas e importancia institucional, entre otras.
- (c) Igualmente, cuando es necesario se caracterizan las diferentes zonas rurales de los municipios para lo cual se plantea una zonificación en regiones homogéneas en términos de características de uso, densidad de construcciones, concentración de población, actividad económica, características topográficas u otras variables útiles para el análisis.

Se pueden utilizar zonas geográficas más detalladas por ejemplo para ciudades en las cuales se puede incluir el nivel de localidad o de barrio, en función de la información que esté disponible. La asignación de la información a las diferentes zonas se puede realizar en tres niveles diferentes:

- (a) Modelo Nivel 1: modelo más básico, basado totalmente en indicadores generales tal como se explica más adelante.
- (b) Modelo Nivel 2: modelo intermedio, basado en información de Google Earth e información local ajustada, mapas publicados e información procesada disponible.
- (c) Modelo Nivel 3: modelo detallado el cual estaría basado en información detallada de la infraestructura expuesta, por ejemplo con la base de datos catastral de una ciudad o un shape de tuberías en una zona que incluya todas las características de la misma. Depende del tipo y calidad de información disponible y puede complementarse con la información disponible en los modelos de los Niveles 1 y 2 según se requiera.

El Nivel 1 es el modelo más básico y depende principalmente de la distribución de la población en entidades geográficas. Una vez completado el modelo del Nivel 1, se puede pasar a los Niveles 2 y 3 según la información disponible en cada caso, o los recursos que se deseen invertir en el mejoramiento de los datos, logrando cada vez mejor resolución en los resultados del análisis.

2.2 Modelo general de datos a nivel país

Se propone la conformación de un modelo de exposición aproximado a nivel del país, que incluye toda la infraestructura expuesta susceptible de daño ante la acción de cualquier tipo de amenaza. La información básica que requiere este modelo es la siguiente:

- (a) Unidades geográficas definidas con sus archivos tipo Shape anexos, incluyendo:
 - i. División política del país, incluyendo definición detallada de costas
 - ii. División política departamental
 - iii. División política de municipios
 - iv. Zonas homogéneas rurales de municipios - ZHR (opcional)
 - v. Límites urbanos de ciudades relevantes
 - vi. Zonas homogéneas urbanas para ciudades relevantes - ZHU (opcional)
- (b) Asignación de población: para efectos de contar con índices para distribución interna de exposición se utilizará la asignación de población a las diferentes unidades geográficas, incluyendo el cálculo de la densidad población en cada una de las zonas.
- (c) Tabla de indicadores económicos y de desarrollo para el país para una fecha de referencia.
- (d) Infraestructura a nivel país: para cada tipo de infraestructura debe especificarse únicamente el Departamento al cual pertenece, el tipo de infraestructura, el valor total de reposición y la función de vulnerabilidad física. Los tipos de infraestructura son:
 - Vías red primaria
 - Puentes red primaria
 - Vías red secundaria
 - Puentes red secundaria
 - Hidroeléctricas
 - Presas
 - Plantas térmicas
 - Subestaciones de energía más redes anexas
 - Subestaciones de comunicaciones más antenas
 - Subestaciones de combustible y gas más redes anexas
 - Hidrocarburos
- (e) Infraestructura a nivel de ciudad: solo para las ciudades principales del país, para cada tipo de infraestructura debe especificarse el tipo de infraestructura, el valor total de reposición, el número de ocupantes si los tiene, la función de vulnerabilidad física y la humana. Los tipos de infraestructura son:
 - Construcciones repartidas en los siguientes tipos:
 - Residencial 1 y 2 pisos Estrato Alto

- Residencial Edificios Estrato Alto
 - Residencial 1 y 2 pisos Estrato Medio
 - Residencial Edificios Estrato Medio
 - Residencial Estrato Bajo
 - Comercial
 - Industrial
 - Salud privado
 - Educación privado
 - Salud pública
 - Educación pública
 - Gubernamentales
- Puentes urbanos
 - Aeropuertos
 - Puertos
 - Subestaciones de energía más redes anexas
 - Subestaciones de comunicaciones más antenas
 - Redes de acueducto y alcantarillado
 - Tanques y plantas de acueducto y alcantarillado
 - Redes de gas.

2.3 Modelo Nivel 1

A continuación se explica el esquema propuesto para asignar la información al Modelo de Datos explicado anteriormente en un Nivel 1, es decir el nivel de información más básico posible. El diagrama de flujo general del modelo de nivel 1 se presenta en el Anexo ERN-CAPRA-T2.1-1.

2.3.1 *Definición de unidades geográficas y ciudades*

Se deben identificar las unidades geográficas principales que constituyen el país o región a analizar. Es deseable contar con mapas en formato “shape” o equivalente con información específica de los límites geográficos de los departamentos, municipios y/o ciudades.

2.3.2 *Definición de índices generales para asignación de parámetros*

Para efectos de categorizar los diferentes tipos de ciudades que existen en el país o región, se definen categorías según el nivel de complejidad el cual a su vez se define dependiendo de la población total de la ciudad y del nivel de desarrollo socio-económico de cada una.

Tabla 2-1
Asignación de niveles de complejidad - Valores indicativos

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (Habitantes)
Alto - 1	>100000
Medio - 2	20000 a 100000
Bajo - 3	<20000

Por otro lado en la Tabla 2-2 se definen los tipos de usos para cada una de las ciudades

Tabla 2-2
Tipo de uso en ciudades

Tipo de uso	Referencia
Residencial de la población económicamente alta	Res PA
Residencial de la población económicamente media	Res PM
Residencial de la población económicamente baja	Res PB
Comercial	Com
Industrial	Ind
Salud privada	SalPri
Educación privada	EduPri
Salud pública	SalPub
Educación pública	EduPub
Gubernamentales	Gob

Para cada nivel de complejidad de ciudad y para cada tipo de uso se asignan valores de densidad típica de construcción (m^2/hab) y costo de reposición por metro cuadrado ($US\$/m^2$) de construcción. Los valores de costo de reposición pueden o no incluir, a criterio del analista, los valores de las edificaciones y de sus contenidos, o estos pueden adicionarse de manera individual posteriormente.

Las Tabla 2-3 y Tabla 2-4 presentan unos valores representativos para este tipo de parámetros. Esta información normalmente variará de país en país e incluso de región en región. Los datos que se presentan en las Tabla 2-3 a Tabla 2-5 deben tomarse como indicativos y deberán ajustarse según información local en cada uno de los países.

Tabla 2-3
Índices de construcción m^2/Hab - Valores indicativos

Nivel de Complejidad	Uso									
	ResPB	ResPM	ResPA	Com	Ind	SalPri	EduPri	SalPub	EduPub	Gob
	$m^2/HabPB$	$m^2/HabPM$	$m^2/HabPA$	m^2/FL	m^2/FL	$m^2/camas$	m^2/Est	$m^2/camas$	m^2/Est	m^2/EP
Alto	5	15	25	20	50	10	12	8	10	5
Medio	4	12	22	20	50	8	10	6	8	5
Bajo	3	11	20	20	50	6	8	4	6	5

Nota: para calcular los m^2 en cada Uso, se utilizarán las poblaciones asociadas a cada sector

Tabla 2-4
Distribución \$/m² de construcciones por ciudad- Valores indicativos

Nivel de Complejidad	Uso (US\$/m ²)									
	ResPB	ResPM	ResPA	Com	Ind	SalPri	EduPri	SalPub	EduPub	Gob
Alto	194	485	776	485	776	776	485	621	485	485
Medio	136	340	543	340	543	543	340	435	340	340
Bajo	97	243	388	243	388	388	243	310	243	243

Por otro lado y para efectos de asignar una ocupación determinada a cada uno de los componentes de la base de datos se toman unos indicadores de ocupación o número de habitantes por m² de construcción, de nuevo clasificados según el nivel de complejidad y el tipo de uso. Este parámetro se refiere a la ocupación máxima y deberá ajustarse para que corresponda a un escenario determinado como puede ser el diurno o el nocturno. Igualmente estos parámetros de asignación de la población deben calibrarse para que al realizar la asignación total, el valor total de población coincida aproximadamente con la población oficial de cada una de las unidades geográficas.

Tabla 2-5
Asignación de ocupación máxima en Hab/100 m² - Valores indicativos

Nivel de Complejidad	Uso (Hab/100m ²)									
	ResPB	ResPM	ResPA	Com	Ind	SalPri	EduPri	SalPub	EduPub	Gob
Alto	11.0	13.0	10.0	7.0	3.0	30.0	28.0	30.0	25.0	32.0
Medio	10.0	11.0	9.0	7.0	2.0	25.0	23.0	25.0	20.0	27.0
Bajo	9.0	11.0	8.0	6.0	2.0	20.0	18.0	20.0	15.0	22.0

2.3.3 Asignación de población y área de construcción a cada unidad geográfica

A cada una de las unidades geográficas definidas, es necesario asignar las características de población. Esta información está normalmente disponible en censos de población o estadísticas oficiales. La información debe discriminarse claramente en términos de población urbana y población rural.

Para efectos de estimar áreas de construcción en los diferentes tipos de uso se hace necesario asignar la población a cada uno de estos grupos en cada una de las entidades geográficas de análisis, de la siguiente manera:

- Población total distribuida en categorías socio-económicas alta, media y baja para asignar el tipo de uso residencial en estos tres niveles.
- Población económicamente activa para distribuir en los tipos de uso comercial e industrial.
- Población en edad estudiantil y porcentaje de acceso a educación a nivel público y privado para asignar al sector educación.

- Número total de empleados públicos para asignar al tipo de uso de edificaciones gubernamentales.

Para la asignación al tipo de uso salud, se utiliza preferencialmente el reporte oficial de número de camas en clínicas y hospitales (públicos y privados) con base en lo cual se puede estimar el área total construida en cada uno de estos grupos.

Utilizando la población de cada entidad geográfica es posible estimar el área total de construcción en términos de cada uno de los grupos de uso utilizando la información de la Tabla 2-3.

2.3.4 Asignación de los valores de reposición por tipos de uso en cada unidad geográfica

La información anterior conjuntamente con la información de la Tabla 2-4 se utiliza para estimar el valor económico expuesto en cada uno de los tipos de uso y para cada una de las unidades geográficas que se utilizan en los análisis.

2.3.5 Asignación de la ocupación por tipos de uso en cada unidad geográfica

La información anterior conjuntamente con la información de la Tabla 2-5 se utiliza para realizar una asignación consistente de la ocupación en número de habitantes, en cada uno de los tipos de uso y para cada una de las unidades geográficas que se utilizan en los análisis.

La asignación de ocupación debe ser consistente con las cifras de población para el escenario específico que se esté analizando (diurno, nocturno u otro cualquiera).

2.3.6 Infraestructura a nivel país

Para cada unidad geográfica de análisis se estimará la densidad de habitantes por km² de territorio, el cual sirve como índice de referencia para estimar los tamaños de diferentes componentes de infraestructura. Igualmente se proponen diferentes indicadores generales que permiten estimar las cantidades de obras de infraestructura. En forma complementaria se realizan estimativos de valores de exposición unitarios para cada una de las obras de infraestructura con base en lo cual se pueden calcular los valores expuestos totales para cada sector y en cada región geográfica.

En cada caso cuando exista información detallada tales como listados de los diferentes componentes con descripción del tamaño y costo, planos con información georeferenciada o similares, la información más precisa deberá reemplazar la más aproximada.

La infraestructura considerada y los indicadores que pueden usarse para estimar los valores de reposición, a falta de valores o indicadores más específicos, son los siguientes:

- Red vial primaria y secundaria: se pueden utilizar indicadores en correlación con la densidad de población por km² de territorio para estimar longitud total de vías, de los diferentes tipos (pavimentada o no, doble o triple carril, etc). Los costos asociados harían referencia a costo por unidad de longitud para el mismo número de carriles y tipo de vía.
- Puentes en la red vial primaria y secundaria: se puede estimar como la longitud total de puentes en porcentaje de la longitud total de red vial tanto primaria como secundaria. También se pueden hacer estimativos del número de cruces importantes entre la red vial y la red fluvial. El costo de los puentes se plantea como un costo unitario por unidad de longitud para puentes estándares de dos carriles.
- Infraestructura de servicios: para los sectores de generación de energía, distribución de energía, comunicaciones e hidrocarburos, se asignan valores globales per cápita a nivel del país con base en indicadores similares de otros países.

2.3.7 Infraestructura a nivel de ciudades

La infraestructura considerada a nivel de ciudades y los indicadores que pueden usarse para estimar los valores de reposición, a falta de información detallada o específica, son los siguientes:

- Puentes urbanos: se plantean correlaciones según indicadores como el número de habitantes por km² de territorio y según el nivel de complejidad asignado a cada ciudad. El valor de reposición de los puentes urbanos puede plantearse a nivel de costo unitario promedio por cada puente, de nuevo para cada nivel de complejidad.
- Aeropuertos: se puede asignar de acuerdo con las ciudades importantes del país y según el nivel de complejidad asignado a cada una de las ciudades. También es posible realizar búsquedas en fotografías aéreas o imágenes de satélite para cuantificar el número de pistas y la longitud de las mismas, y la densidad de construcciones para cada aeropuerto.
- Puertos: se asignarán únicamente a ciudades costeras o ciudades a la orilla de ríos grandes. Es posible realizar búsquedas en fotografías aéreas o imágenes de satélite para cuantificar la longitud y ancho promedio de la estructura principal del muelle y la densidad de construcciones en la zona.

- Infraestructura de servicios: para los temas relacionados con infraestructura de servicios tales como subestaciones de energía más redes anexas, subestaciones de comunicaciones más antenas, redes de acueducto y alcantarillado, tanques y plantas de acueducto y alcantarillado y redes de gas, se asignan valores globales per cápita promedios a nivel de la ciudad y en función del nivel de complejidad de la misma, todo con base en indicadores similares de ciudades en las que se cuenta con mejor información. Además de lo anterior debe considerarse el porcentaje de cubrimiento de cada una de los servicios con respecto a la población.

2.3.8 Resultados generales del modelo de exposición aproximado

Una vez desarrollado el modelo de exposición aproximado utilizando los indicadores o estimativos presentados anteriormente o mejores datos si están disponibles, es posible estimar los valores expuestos totales para lograr una cuantificación global de cifras. Igualmente es posible obtener una serie de indicadores a nivel del país que permiten comparar un país con otro e identificar posibles problemas gruesos con los estimativos realizados. Estos indicadores permiten tener un modelo consistente y calibrado entre países.

2.4 Modelo Nivel 2

El modelo de exposición puede también desarrollarse en un Nivel 2, es decir un nivel intermedio de calidad y detalle de la información. Este nivel es complementario al anterior, es decir se debe implementar preferiblemente solo cuando el nivel anterior ya se haya completado. Con este nivel, en realidad lo que se logra es aumentar el grado de resolución y por lo tanto de certeza en la información disponible solo para algunos grupos de infraestructura.

Este nivel de información incluye el levantamiento de información local a nivel de cada país, con base en consultas a las entidades de orden nacional, departamental y municipal con el fin de recopilar la información requerida en el mayor nivel.

Por otro lado el sistema CAPRA cuenta con una serie de herramientas que permiten refinar la información disponible en algunos tipos de infraestructura y en particular para las ciudades más importantes.

A continuación se explican las herramientas disponibles para lograr un modelo de mayor resolución y confiabilidad en los resultados del análisis.

2.4.1 Sistema de captura de información básica de exposición

Se trata de un sistema montado sobre la plataforma Google Maps, el cual permite al usuario iniciar la captura de información a nivel de cada uno de los países que se desee estudiar. El

sistema permite cargar capas de información en formato shape de cualquier tipo de información complementaria que sirva de guía al proceso, como división política incluyendo límites del país, delimitación detallada de zonas costeras, departamentos, municipios, límites de zonas urbanas, lagos y lagunas, ríos principales, usos del suelo, geología, información topográfica o modelos de elevación digital, etc. El usuario puede prender y apagar capas a su voluntad para facilitar el análisis y la conformación de zonas homogéneas.

El sistema permite de igual manera realizar el análisis a nivel ciudad, lo cual representa un nivel de detalle mayor, pero bajo la misma estructura de conformación de zonas homogéneas.

2.4.1.1 *Instalaciones especiales*

Las instalaciones especiales se refieren a componentes de infraestructura puntuales, asociados a actividades económicas y desarrollo en general del país o región, tales como aeropuertos, puertos, presas, instalaciones industriales, vías y puentes entre otros.

Para este tipo de infraestructura se puede utilizar la información de fotografías aéreas o imágenes de satélites para detallar el grado de resolución de la información. Por ejemplo es posible determinar dimensiones geométricas de las construcciones principales tales como muelles, pistas, presas y construcciones grandes o determinar en forma aproximada los trazados y características de sistemas lineales tales como vías, oleoductos, canales, condiciones y demás obras de infraestructura. Las dimensiones geométricas permiten una mejor caracterización del tamaño de las construcciones y por lo tanto de su valor. A continuación se dan algunos de los parámetros que podrían investigarse con esta metodología:

- Aeropuertos
 - Longitud, ancho y número de pistas
 - Pista pavimentada o destapada
- Puertos:
 - Longitud y ancho del muelle
 - Tamaño y tipo de construcciones
- Presas:
 - Longitud, tipo y tamaño en general
- Instalaciones industriales:
 - Área
 - Descripción: industria liviana, media, pesada.
- Vías
 - Número del tramo
 - Origen-destino de la vía
 - Longitud del tramo
 - Número de carriles

- Tipo de vía: primaria, secundaria, terciaria
- Pavimentada o no
- Puentes
Se cruzan las vías principales con la red fluvial principal para lograr localizar los puentes principales con las siguientes características:
 - Vía
 - Río
 - Longitud aproximada total del puente
 - Número de carriles
 - Importancia del puente

2.4.1.2 Zonas rurales homogéneas con construcciones

La zonificación rural se debe realizar mediante inspección de los mapas en Google Maps con las imágenes de satélite. El operador debe seleccionar zonas que sean homogéneas no solo en topografía sino en tipos de cultivos, bosques, densidad de vegetación e incluso los colores predominantes de la zona.

El sistema *CAPRA-InfoPolig-VI.0* permite conformar una zona homogénea con la siguiente información:

- Área de la zona
- Uso principal: cultivos, bosques, desiertos, pastos, latifundios, minifundios
- Topografía: plana, ondulada, montañosa
- Densidad promedio de construcciones
- Edad de construcciones: nuevas, medias, viejas
- Altura promedio
- Categoría socio-económica: alta, media, baja

La densidad promedio de construcciones se establece mediante la herramienta de densidad, la cual consiste en dibujar en pantalla un cuadrado de 1km² de área, y contar el número de construcciones que caen en su interior.

2.4.1.3 Zonas urbanas homogéneas con construcciones

Para cada una de las ciudades o perímetros urbanos definidos se deben tener varias opciones de levantar la información de construcciones expuestas. Las opciones son:

- Información por zonas homogéneas
- Información detallada predio a predio

Opción 1 - Información por zonas homogéneas

La recolección de información básica de ciudades mediante la definición de zonas homogéneas exige definir zonas dentro de las cuales no se presenten variaciones significativas en cuanto a las variables que deben asignarse:

- Uso predominante: desde la foto se clasificará si es residencial, comercial, industrial o institucional.
- Densidad promedio de construcciones en número/km² de terreno
- Densidad de ocupación del área: Área ocupada/km² de terreno
- Edad promedio: nuevas, intermedias, viejas
- Número de pisos promedio
- Área en planta promedio
- Categoría socio-económica promedio: Alta, media, baja
- Situación predominante de edificaciones: edificación aislada, edificación de esquina con edificios vecinos, edificación encajonada lateralmente

La densidad promedio de las construcciones se establece mediante la herramienta densidad, la cual permite al usuario dibujar un polígono sobre lo que considere una manzana representativa del sector, y sobre dicho polígono contar el número de edificaciones presentes.

Opción 2 - Información detallada predio a predio

La recolección de información básica de ciudades predio a predio debe incluir la información mínima para el análisis utilizando las herramientas disponibles para el levantamiento de información al igual que información directa levantada en campo. La propuesta metodológica se basa en los siguientes supuestos:

- No existe información particular para la ciudad. Cualquier información que exista deberá considerarse para modificar los resultados obtenidos con este procedimiento.
- Se utiliza la mejor información visual disponible de Google Maps, Google Earth, Virtual Earth o cualquier sistema equivalente.
- Se trabaja con la última versión disponible de las siguientes aplicaciones:
 - CAPRA-InfoPunt-VI.0
 - CAPRA-InfoMovil-VI.0
 - CAPRA-InfoPolig-VI.0
 - CAPRA-InfoLinea-VI.0

Este procedimiento de levantamiento de información aplica solo para el levantamiento de información de edificaciones. Para levantar información de infraestructura diferente se utilizan otras rutinas modificadas. Para el levantamiento de la información se propone lo siguiente:

1. Abrir una base de datos nueva que tenga la información de país y ciudad o municipio. Este dato debe quedar guardado en todos los campos que tenga la base de datos. El formato “shape” que se crea con este procedimiento es de polígonos. El usuario le deberá poner un nombre a esta base de datos.
2. Correr la herramienta *CAPRA-InfoPolig-V1.0* con la cual se obtiene la siguiente información:
 - Número de referencia: representa el identificador local del polígono en la base de datos.
 - Ubicación: coordenadas de localización del polígono, calculadas automáticamente.
 - Número de pisos: valor aproximado de altura de la edificación. Por defecto el sistema establece un piso a cada nueva entidad digitalizada.
 - Área de la edificación: es calculada automáticamente por el sistema. Corresponde al área del polígono que representa a la edificación.
 - Uso actual predominante: desde la foto se clasificará si es residencial, comercial, industrial o institucional.
 - Edad de la edificación: se indica si la edificación es nueva o vieja.
 - Categoría socio-económica: seleccionar una entre Alta, Media y Baja.
 - Situación de la edificación: edificación aislada, edificación de esquina con edificios vecinos o edificación encajonada lateralmente
 - Irregularidad en planta: una caja de chequeo que permite indicar si presenta o no irregularidad e planta

Cada una de zonas de las clasificaciones anteriores vendría acompañada de un juego de fotografías que se levantarán con el sistema *CAPRA-InfoMovil-V1.0*. Además de fotografías generales de cada zona sería deseable contar con fotografías de tipos constructivos típicos representativos por zonas.

El sistema permite completar una información adicional para cada una de las fotografías, lo cual solo se recomienda utilizar cuando las características de la zona que se está tratando de caracterizar son más o menos uniformes. Las fotografías quedan georeferenciadas y marcadas en los mapas. La información complementaria es la siguiente:

- Identificador: es un número consecutivo asignado por la aplicación *CAPRA-InfoMovil-V1.0* por defecto.
- Número de referencia: número de control para el levantamiento de la información, estará relacionado con la información levantada en el procedimiento (1)
- Departamento, Provincia, Ciudad: información corresponde a la ubicación de la información que se está levantando
- Latitud, Longitud: localización geográfica del sitio en el cual se están tomando los datos, asignada automáticamente por el dispositivo móvil.
- Número de edificaciones: número de edificaciones localizadas en la zona.
- Área promedio por edificación: obedece al promedio observado en la zona
- Número de pisos promedio: obedece al número de pisos promedio de la zona
- Uso predominante: obedece al uso de las edificaciones predominante en la zona

- Estado general: obedece al estado general de las edificaciones de la zona
- Observaciones: obedece a los comentarios pertinentes a la información levantada.

2.4.2 Complementación de la información en la base de datos

La siguiente información debe ser completada por personas con buen conocimiento de las condiciones locales de la región o ciudad, o mediante la revisión de información oficial obtenida. La información a completar sería la siguiente:

- Polígonos con clasificación de zonas planas, onduladas o pendientes (montañosas).
- Polígonos con la clasificación en zonas duras (colinas y montañas), medias y blandas (zonas centrales de valles o depósitos conocidos de suelos blandos).
- Polígonos con un mapa de alturas máximas de edificaciones por zonas de la ciudad.
- Polígono de usos predominantes de la ciudad: los usos posibles serían residencial, comercial, combinado residencial y comercial, industrial, áreas libres (parques, lotes no construidos, zonas de reserva, etc.).
- Polígonos con fechas aproximadas de construcción de las zonas de la ciudad: si hay información las fechas deben corresponder a las fechas en que se instauraron códigos de construcción sismorresistentes o algo similar. En defecto tomar tres rangos:
 - Antes de 1980
 - Entre 1980 y 2000
 - Posteriores a 2000
- Polígonos con clasificación socioeconómica aproximada. Si no hay información detallada se pueden definir tres categorías así:
 - Alta
 - Media
 - Baja
- Polígonos con valores aproximados del precio por metro cuadrado de construcción en cada zona.
- Polígono con densidad poblacional en el día, en términos de número de habitantes por cada 100 m² de construcción.
- Polígono con densidad poblacional en la noche, en términos de número de habitantes por cada 100 m² de construcción.

2.4.3 Procedimiento final para asignación de variables

La asignación final de parámetros se realiza de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Número de referencia: asignado directamente por la base de datos.

- Ubicación: la base de datos ubica el país, el distrito y o ciudad. Las coordenadas se toman directamente de la base de datos.
- Tipo de suelo: se toma directamente del mapa de polígonos de tipos de suelo. Si no hay información se asigna suelo medio.
- Número de pisos: se asignará la que existe en la base de datos. Se comparará con la del polígono de altura máxima y se hará la asignación.
- Área de construcción: se calcula como el área del edificio multiplicada por el número de pisos. Se suma un valor constante para tener en cuenta el primer piso más amplio y posibles sótanos.
- Uso actual predominante: se toma de la base de datos y se compara con el polígono de usos.
- Fecha de construcción: se asigna según el polígono de fechas de construcción.
- Asignación del estrato socio-económico: se asigna de acuerdo con el polígono de estrato socio-económico.
- Tipo constructivo: se asigna mediante un algoritmo que tiene en cuenta el número de pisos, el uso predominante, la fecha de construcción, y el estrato socio-económico.
- Características especiales: se asignan si están asignadas en la base de datos. De lo contrario no se asigna nada.
- Valor de reposición: se calcula con base en los índices de precio por metro cuadrado tomado del polígono de precios metro cuadrado multiplicándolo por el área construida calculada. Se compara con una tabla de precios mínimos y máximos por metro cuadrado en función del estrato socio-económico.
- Ocupación: se calcula con base en el índice de ocupación de día o de noche y el área total de construcción. Se realiza una calibración con los índices de densidad poblacional disponibles.

Para el caso de la metodología de zonas homogéneas se genera la misma información pero como índices promedio de cada una de las anteriores variables dentro de la zona. Igualmente con los índices definidos de la zona y el área calculada de la zona se calculan los siguientes parámetros:

- Área total construida en la zona: $\text{área ocupada promedio/km}^2 * \text{área del polígono} * \text{número de pisos}$.
- Valor total de reposición: $\text{área total construida de la zona por el índice de precios unitarios por m}^2 \text{ promedio de la zona}$
- Ocupación: $\text{índice promedio de ocupación por área total construida en la zona}$.

2.4.4 Ajuste de la valoración de activos

Una vez realizada la valoración de cada uno de los componentes individuales de infraestructura se realizan verificaciones globales de los valores en riesgo con base en índices económicos generales. Para el efecto se utilizan parámetros tales como el stock de capital, valoración general de obras de infraestructura para efectos de seguros y otros.

La valoración incluye tanto el valor del bien como tal (elementos estructurales y no estructurales principales) como la valoración de contenidos susceptibles al daño. La valoración misma del bien no incluye el valor del terreno en el cual está localizado. Corresponde únicamente a un valor de reposición de la construcción física.

Para la valoración de contenidos se utiliza la información existente relacionada con el uso y sector. Se recurre a experiencia local e información de expertos locales para la valoración de los mismos y para clasificarlos según su fragilidad. Por ejemplo para el caso de inundaciones normalmente los daños están asociados a los contenidos y a una porción de la estructura que requiere reparación y mantenimiento después de ocurrido el desastre.

2.4.5 Información para afectación humana

Con el fin de calcular la posible afectación humana, se estima información general referente a la ocupación de edificaciones. El parámetro básico asignado a la ocupación corresponde a la ocupación máxima que puede llegar a tener la construcción. Como tal, al sumar este parámetro para todas las construcciones resultará probablemente en un total de población muy superior a la población real de la zona de estudio. El análisis para escenarios específicos de ocupación podrá ser definido por el usuario para diferentes horas de ocurrencia. Cuando no se dispone de información específica sobre ocupación, se puede emplear información aproximada para completar los datos, en función del tipo de construcción que se está analizando. La Tabla 2-6 presenta alguna información de referencia sobre ocupación general de tipos de edificaciones en ciudades intermedias típicas de países en desarrollo.

Tabla 2-6
Distribución de población según uso de la edificación

Uso	Total de personas		Personas dentro del edificio	
	Día	Noche	Día	Noche
	[%]	[%]	[%]	[%]
Residencial	20	80	90	100
Comercial, Industrial, otros	80	20	90	100
Educación	1 persona/15 m ² de construcción		100	0
Salud	15 m ² /persona		100	100

2.4.6 Información para impacto económico indirecto

El impacto económico indirecto se cuantifica principalmente mediante la evaluación del lucro cesante, variable que en algunos casos puede ser muy difícil de evaluar de manera precisa. En términos generales el lucro cesante puede definirse como el impacto global de un evento en las finanzas generales de una determinada entidad o grupo de análisis. Las dificultades en la determinación de este parámetro se centran en lo siguiente:

- Las pérdidas pueden ser a mediano y largo plazo
- El rango de tiempo no es fácilmente definible
- En la evaluación podrían involucrarse intangibles tales como servicios no prestados, oportunidades perdidas, metas no cumplidas y otros aspectos que son de difícil evaluación.

El impacto económico indirecto puede cuantificarse en algunos casos mediante el tiempo que se estima pueda permanecer el componente dado fuera de servicio y que corresponde al tiempo estimado de reparación o reemplazo. Para esto puede relacionarse el nivel de daño esperado con el tiempo que estará la construcción fuera de servicio. Teniendo como referencia el valor de las pérdidas por unidad de tiempo en que está fuera de servicio la construcción, es posible estimar las pérdidas consecuencias o por lucro cesante.

Existen otras maneras de calcular las pérdidas indirectas y cada caso particular debe evaluarse de manera especial.

2.5 Modelo Nivel 3

Corresponde a un nivel de información de mayor detalle para cada uno de los capítulos de información requerido. Se basa normalmente en la información digital disponible en las entidades gubernamentales o las entidades de servicios públicos.

Este nivel también incluye el proceso mediante el cual se realizan levantamientos de información en campo predio a predio o edificación por edificación.

3 Modelo de exposición aproximada a nivel país

El modelo de exposición a nivel país/región se basa en información estadística de la población y de los censos de población, su nivel de resolución es a nivel regional según unidades geográficas de subdivisión del país. Incluye tanto construcciones urbanas, infraestructura urbana e infraestructura a nivel nacional.

3.1 Información general del país

3.1.1 Conformación de la base de datos para el análisis de riesgo

Los indicadores de exposición se desarrollan con el fin de representar la exposición física, económica y humana de un país o una ciudad en términos geográficos, en el Anexo ERN-CAPRA T2.1-1 se muestra el diagrama de flujo para la recolección de dicha información. Para esto se clasifican en las siguientes categorías principales:

- Construcciones de las principales ciudades del país,
- Infraestructura urbana relevante para las principales ciudades del país,
- Infraestructura relevante a nivel nacional,
- Construcciones a nivel rural (cuando sea relevante).

Adicionalmente la metodología permite incluir en forma complementaria otro tipo de elementos expuestos tales como cultivos, elementos bióticos o ambientales y en general cualquier tipo de elemento susceptible a sufrir daños por cuenta de fenómenos amenazantes. Los indicadores de exposición se desarrollan con la ayuda de una hoja electrónica de cálculo, la cual se anexa al presente informe **Proxy-Guatemala.xls** en el Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3.

3.1.2 Descripción geográfica y división política del país

Guatemala está ubicada al norte de Centro América, limita al norte y occidente con México, al noreste con Belice, al este con el Mar Caribe y Honduras, al sureste con El Salvador y al sur con el Océano Pacífico, se encuentra organizada políticamente por 22 entidades subnacionales llamadas departamentos, las cuales a su vez se dividen en 331 municipios. Guatemala posee una superficie terrestre de 108,430 km² y una población de 13'002,206 habitantes (Ref. CIA The World Factbook). La Figura 3-1 presenta la división política y la distribución geográfica de las entidades subnacionales, es decir los departamentos.

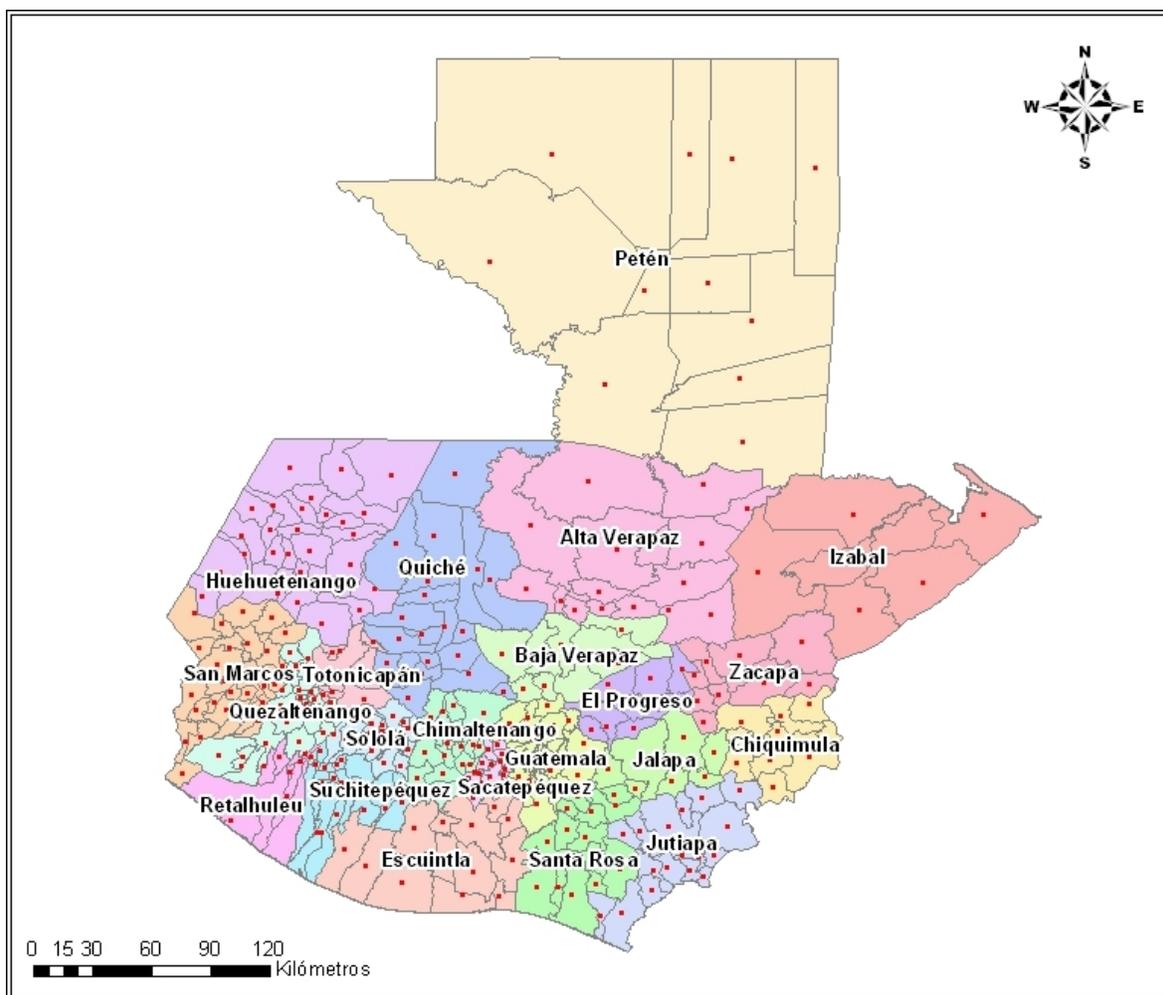


Figura 3-1

División política nacional principales entidades subnacionales y centros poblados

Ref: <http://www.diva-gis.org/gData> (Datos de Guatemala)

La información geográfica recopilada se organiza de acuerdo con la Tabla 3-1 en la cual se especifican las unidades subnacionales presentes en el país junto con un código o identificador único. Por otro lado la Tabla 3-2 presenta un listado de las ciudades más importantes y la entidad subnacional a la que pertenece (ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3), cada una de estas ciudades fue seleccionada de acuerdo con la población, el nivel socioeconómico y la cobertura de servicios públicos.

Tabla 3-1
Distribución entidades subnacionales
(Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Entidad-Sub	ID Depto	Departamento	ID Provi	Provincia
1	1	GUATEMALA	1	GUATEMALA
2	1	GUATEMALA	2	SANTA CATARINA PINULA
3	1	GUATEMALA	3	SAN JOSE PINULA
4	1	GUATEMALA	4	SAN JOSE DEL GOLFO
5	1	GUATEMALA	5	PALENCIA
6	1	GUATEMALA	6	CHINAUTLA
7	1	GUATEMALA	7	SAN PEDRO AYAMPUC
8	1	GUATEMALA	8	MIXCO
...
...
...
326	22	JUTIAPA	12	JALPATAGUA
327	22	JUTIAPA	13	CONGUACO
328	22	JUTIAPA	14	MOYUTA
329	22	JUTIAPA	15	PASACO
330	22	JUTIAPA	16	SAN JOSE ACATEMPA
331	22	JUTIAPA	17	QUEZADA

Tabla 3-2
Características de las ciudades más importantes

ID Ciudad	Ciudad	ID Depto	ID Muni
1	GUATEMALA	1	1
2	MIXCO	1	8
3	VILLA NUEVA	1	15
4	QUETZALTENANGO	9	1

3.1.3 Distribución de la población

La población total del país es de 12'875,954 habitantes (proyectada al 2008, según el Censo del año 2002 (Instituto Nacional de Estadísticas de Guatemala) y con una tasa de crecimiento anual de 2.5% para los años posteriores (según la CEPAL, <http://www.eclac.org>), de la cual el 46% pertenece a población urbana (5'940,957 Hab) y el 54% a población rural (6'934,997 Hab). La población está compuesta por un 42.3% de niños y adolescentes (5'442,732 Hab, 0-14 años), un 53.3% de jóvenes y adultos (6'862,520 Hab, 15 – 64 años), y un 4.4% son mayores de 65 años (570,702 Hab, personas de la tercera edad).

El 30.6% (3'938,449 Hab) de la población es económicamente activa. De esta, el 42.4% pertenecen al área de agricultura, el 13.7% al área de industria y el 43.9% al área de servicios.

Considerando los diferentes niveles de desarrollo de varios segmentos de la población, se establece una clasificación de acuerdo con el nivel de complejidad del desarrollo. Esta permite la diferenciación de varios índices tales como densidad de población urbana, precio por metro cuadrado, niveles de ocupación, tipos y costos de servicios públicos, etc.

3.2 Base de datos de construcciones

3.2.1 Metodología y alcance

Con el objeto de identificar el valor expuesto de construcciones en el país, se realizó un inventario exhaustivo de los centros urbanos correspondientes a cada una de las entidades subnacionales; que en este caso son departamentos. Para el análisis, el parámetro que ofrece la mayor confiabilidad es la población oficial reportada en cada unidad de división política y administrativa. Los datos de población oficial y una serie de indicadores se utilizan para estimar el número y tipo de centros urbanos. La misma información de población se utiliza para establecer escenarios hipotéticos de ocupación para cada una de las edificaciones de las ciudades analizadas.

Los tipos de edificación se estiman según los sectores económicos y la capacidad económica de la población. La composición (uso) y tamaño (m²) de las construcciones se estima utilizando el censo de vivienda desagregado según los siguientes grupos de uso:

- (f) Residencial PB: capacidad económica baja (Res PB)
- (g) Residencial PM: capacidad económica media (Res PM)
- (h) Residencial PA: capacidad económica alta (Res PA)
- (i) Comercial (Com)
- (j) Industrial (Ind)
- (k) Salud privada (SalPri)
- (l) Educación privada (EduPri)
- (m) Salud pública (SalPub)
- (n) Educación pública (EduPub)
- (o) Gubernamentales (Gob)

Para la elaboración de este análisis es necesario estimar, para cada uno de los niveles de complejidad a los que se asigne cada ciudad, el área construida promedio por habitante, los tipos de usos, el valor económico de cada metro cuadrado de desarrollo por tipo de uso, y el nivel de ocupación por cada tipo de desarrollo en un escenario dado (diurno y nocturno), expresado en términos de ocupación por metro cuadrado de área construida por tipo de uso.

La Figura 3-2 muestra el rango de población urbana que se utiliza para cada nivel de complejidad, y la Figura 3-3 muestra los porcentajes de población pertenecientes a sus diferentes niveles económicos y dependiendo de cada nivel de complejidad, en este caso PB, significa población económicamente baja, PM, población económicamente media y PA, población económicamente alta, los datos de pobreza fueron tomados de “Estadísticas sociales de hogares y pobreza”, para cada departamento.

Tabla 3-3
Nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes) [V 5]
Alto = 1	> 100,000
Medio = 2	20,000 a 100,000
Bajo = 3	< 20,000

Tabla 3-4
Indicadores de pobreza

Capacidad económica de los usuarios	Población PB	Población PM	Población PA
	[V 19]		
Alta	22%	65%	14%
Media	51%	44%	5%
Baja	59%	38%	3%
Total	50.3%	44.5%	5.2%

El análisis de exposición de construcciones en centros urbanos se realiza para un total de 22 departamentos que incluyen en general una población en áreas urbanas de más de 5.9 millones de habitantes.

3.2.2 Conformación de la base de datos de construcciones

Utilizando la información anterior se conforma la base de datos de áreas construidas, de valores expuestos y de ocupación representativa para cada uno de los grupos de uso y para cada una de los departamentos, teniendo en cuenta la población urbana. Dicha información se presenta en forma resumida de la Tabla 3-5 a la Tabla 3-8. La metodología empleada para el cálculo de los valores expuestos a nivel nacional se presenta en el Anexo ERN-CAPRA-T2.1-2.

Tabla 3-5
Distribución de áreas construidas por unidad subnacional y grupo de uso
(Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	m ² construidos										
				Res PB (m ² x10 ³)	Res PM (m ² x10 ³)	Res PA (m ² x10 ³)	Com (m ² x10 ³)	Ind (m ² x10 ³)	SalPri (m ² x10 ³)	EduPri (m ² x10 ³)	SalPub (m ² x10 ³)	EduPub (m ² x10 ³)	Gob (m ² x10 ³)	Total (m ² x10 ³)
1	GUATEMALA	GUATEMALA	1-1	1,179.1	10,463.6	3,659.4	6,881.5	4,635.1	10.8	1,022.7	8.6	689.8	187.7	28,738.4
1	GUATEMALA	SANTA CATARINA PINULA	1-2	149.2	385.7	79.5	448.4	233.8	0.3	25.8	0.2	62.9	5.9	1,391.7
1	GUATEMALA	SAN JOSE PINULA	1-3	110.7	285.9	59.0	214.0	200.8	0.2	19.1	0.2	46.6	3.4	939.9
1	GUATEMALA	SAN JOSE DEL GOLFO	1-4	10.5	24.7	3.0	10.0	7.9	0.0	0.7	0.0	4.6	0.5	61.9
1	GUATEMALA	PALENCIA	1-5	97.5	228.5	27.8	111.9	81.0	0.0	6.3	0.1	42.1	3.5	598.7
1	GUATEMALA	CHINAUTLA	1-6	223.1	576.5	118.9	554.1	556.7	0.4	38.5	0.3	94.0	11.9	2,174.4
1	GUATEMALA	SAN PEDRO AYAMPUC	1-7	105.3	272.1	56.1	202.2	161.3	0.2	18.2	0.2	44.4	4.2	864.2
1	GUATEMALA	MIXCO	1-8	505.1	4,482.5	1,567.6	2,695.2	2,629.9	4.6	438.1	3.7	295.5	61.4	12,683.6
1	GUATEMALA	SAN PEDRO SACATEPEQUEZ	1-9	64.4	150.9	18.4	123.4	363.6	0.0	4.1	0.1	27.8	2.8	755.5
1	GUATEMALA	SAN JUAN SACATEPEQUEZ	1-10	357.1	922.9	190.3	594.4	776.3	0.7	61.6	0.5	150.4	18.3	3,072.6
1	GUATEMALA	SAN RAIMUNDO	1-11	46.2	108.3	13.2	60.7	101.9	0.0	3.0	0.1	20.0	1.7	355.0
1	GUATEMALA	CHUARRANCHO	1-12	20.6	48.4	5.9	14.8	23.0	0.0	1.3	0.0	8.9	0.5	123.5
1	GUATEMALA	FRAJANES	1-13	71.9	185.7	38.3	163.6	128.3	0.1	12.4	0.1	30.3	3.7	634.3
1	GUATEMALA	AMATITLAN	1-14	194.0	501.2	103.4	392.7	463.3	0.4	33.5	0.3	81.7	11.8	1,782.2
1	GUATEMALA	VILLA NUEVA	1-15	445.3	3,951.8	1,382.1	2,077.9	2,364.4	4.1	386.3	3.3	260.5	47.2	10,922.8
1	GUATEMALA	VILLA CANALES	1-16	243.0	627.9	129.5	507.1	384.8	0.5	41.9	0.4	102.4	9.3	2,046.7
1	GUATEMALA	PETAPA	1-17	126.7	1,124.2	393.2	615.9	571.5	1.2	109.9	0.9	74.1	14.1	3,031.6
Total				22,088	70,736	15,408	34,560	27,043	37	6,007	44	16,460	1,173	193,554

3. Modelo de exposición aproximada a nivel país

Tabla 3-6
Distribución de valores expuestos por unidad subnacional y grupo de uso
(Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	Valor construcciones										Total (US\$x10 ⁶)
				Res PB (US\$x10 ⁶)	Res PM (US\$x10 ⁶)	Res PA (US\$x10 ⁶)	Com (US\$x10 ⁶)	Ind (US\$x10 ⁶)	SalPri (US\$x10 ⁶)	EduPri (US\$x10 ⁶)	SalPub (US\$x10 ⁶)	EduPub (US\$x10 ⁶)	Gob (US\$x10 ⁶)	
1	GUATEMALA	GUATEMALA	1-1	228.75	5,074.86	2,839.70	3,337.54	3,596.81	8.38	496.02	5.36	334.56	91.02	16,013.01
1	GUATEMALA	SANTA CATARINA PINULA	1-2	20.27	130.94	43.21	152.22	126.97	0.16	8.75	0.10	21.34	2.01	505.96
1	GUATEMALA	SAN JOSE PINULA	1-3	15.03	97.08	32.03	72.66	109.08	0.12	6.48	0.07	15.83	1.14	349.52
1	GUATEMALA	SAN JOSE DEL GOLFO	1-4	1.02	5.99	1.17	2.43	3.07	0.00	0.16	0.00	1.10	0.13	15.08
1	GUATEMALA	PALENCIA	1-5	9.46	55.42	10.80	27.13	31.41	0.00	1.52	0.03	10.22	0.86	146.84
1	GUATEMALA	CHINAUTLA	1-6	30.29	195.71	64.58	188.13	302.40	0.24	13.07	0.14	31.90	4.04	830.52
1	GUATEMALA	SAN PEDRO AYAMPUC	1-7	14.30	92.39	30.49	68.65	87.64	0.11	6.17	0.07	15.06	1.43	316.31
1	GUATEMALA	MIXCO	1-8	97.99	2,174.00	1,216.49	1,307.16	2,040.77	3.59	212.49	2.30	143.32	29.78	7,227.89
1	GUATEMALA	SAN PEDRO SACATEPEQUEZ	1-9	6.24	36.60	7.13	29.93	141.07	0.00	1.00	0.02	6.75	0.68	229.42
1	GUATEMALA	SAN JUAN SACATEPEQUEZ	1-10	48.50	313.31	103.39	201.79	421.69	0.38	20.93	0.23	51.07	6.22	1,167.49
1	GUATEMALA	SAN RAIMUNDO	1-11	4.48	26.27	5.12	14.73	39.52	0.00	0.72	0.02	4.84	0.41	96.12
1	GUATEMALA	CHUARRANCHO	1-12	2.00	11.73	2.29	3.58	8.94	0.00	0.32	0.01	2.16	0.11	31.14
1	GUATEMALA	FRAIJANES	1-13	9.76	63.04	20.80	55.53	69.68	0.08	4.21	0.05	10.28	1.25	234.67
1	GUATEMALA	AMATITLAN	1-14	26.34	170.16	56.15	133.32	251.67	0.21	11.37	0.12	27.74	4.02	681.10
1	GUATEMALA	VILLA NUEVA	1-15	86.39	1,916.65	1,072.48	1,007.77	1,834.80	3.16	187.34	2.03	126.36	22.88	6,259.84
1	GUATEMALA	VILLA CAÑALES	1-16	33.00	213.17	70.34	172.16	209.04	0.26	14.24	0.16	34.75	3.16	750.27
1	GUATEMALA	PETAPA	1-17	24.58	545.22	305.09	298.73	443.47	0.90	53.29	0.58	35.94	6.83	1,714.62
Total				2,650	24,501	9,721	12,735	16,180	26	2,280	21	4,858	405	
				73,375										

Tabla 3-7
Distribución de ocupación característica por entidad subnacional y grupo de uso
(Escenario día)
(Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	Ocupación construcciones										Total (Hab)
				ResPB (Hab)	ResPM (Hab)	ResPA (Hab)	Com (Hab)	Ind (Hab)	SalPri (Hab)	EduPri (Hab)	SalPub (Hab)	EduPub (Hab)	Gob (Hab)	
1	GUATEMALA	GUATEMALA	1-1	71,336	748,149	201,267	385,366	125,147	3,239	229,092	2,591	137,964	48,045	1,952,196
1	GUATEMALA	SANTA CATARINA PINULA	1-2	8,208	23,334	3,937	25,108	4,208	73	4,740	55	10,059	1,281	81,004
1	GUATEMALA	SAN JOSE PINULA	1-3	6,086	17,300	2,819	11,985	3,615	54	3,515	41	7,458	727	53,699
1	GUATEMALA	SAN JOSE DEL GOLFO	1-4	522	1,494	132	481	142	0	98	2	547	94	3,512
1	GUATEMALA	PALENCIA	1-5	4,826	13,826	1,224	5,370	1,457	0	903	22	5,056	623	33,308
1	GUATEMALA	CHINAUTLA	1-6	12,269	34,877	5,885	31,032	10,021	109	7,085	82	15,036	2,571	118,967
1	GUATEMALA	SAN PEDRO AYAMPUC	1-7	5,792	16,465	2,778	11,324	2,904	52	3,345	39	7,098	908	50,705
1	GUATEMALA	MIXCO	1-8	30,560	320,497	86,220	150,930	71,006	1,388	98,140	1,110	59,102	15,717	834,669
1	GUATEMALA	SAN PEDRO SACATEPEQUEZ	1-9	3,187	9,130	808	5,925	6,544	0	596	14	3,339	492	30,036
1	GUATEMALA	SAN JUAN SACATEPEQUEZ	1-10	19,641	55,833	9,421	33,285	13,973	175	11,343	131	24,070	3,955	171,827
1	GUATEMALA	SAN RAIMUNDO	1-11	2,288	6,654	580	2,915	1,834	0	428	10	2,997	301	17,307
1	GUATEMALA	CHUARRANCHO	1-12	1,022	2,928	259	708	415	0	191	5	1,071	83	6,681
1	GUATEMALA	FRAIJANES	1-13	3,952	11,234	1,896	9,159	2,309	35	2,282	26	4,843	796	36,533
1	GUATEMALA	AMATITLAN	1-14	10,667	30,324	5,117	21,991	8,340	95	6,160	71	13,073	2,555	98,394
1	GUATEMALA	VILLA NUEVA	1-15	26,942	282,557	76,014	116,361	63,840	1,223	86,522	979	52,105	12,076	718,618
1	GUATEMALA	VILLA CAÑALES	1-16	13,363	37,988	6,410	28,398	6,927	119	7,717	89	16,377	2,013	119,401
1	GUATEMALA	PETAPA	1-17	7,664	80,378	21,623	34,492	15,430	348	24,613	278	14,822	3,603	203,252
Total				1,157,950	4,539,880	787,804	1,850,417	588,560	10,467	1,151,128	11,134	2,296,510	248,793	
				12,642,643										

Tabla 3-8
Distribución de ocupación característica por unidad subnacional y grupo de uso
(Escenario noche)
(Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	Ocupación construcciones (Noche)										Total (Hab)
				ResPB (Hab)	ResPM (Hab)	ResPA (Hab)	Com (Hab)	Ind (Hab)	SalPri (Hab)	EduPri (Hab)	SalPub (Hab)	EduPub (Hab)	Gob (Hab)	
1	GUATEMALA	GUATEMALA	1-1	129,702	1,360,271	365,941	144,512	69,526	3,239	0	2,591	0	0	2,075,783
1	GUATEMALA	SANTA CATARINA PINULA	1-2	14,924	42,425	7,159	9,416	2,338	73	0	55	0	0	76,389
1	GUATEMALA	SAN JOSE PINULA	1-3	11,065	31,454	5,308	4,494	2,008	54	0	41	0	0	54,424
1	GUATEMALA	SAN JOSE DEL GOLFO	1-4	948	2,717	241	180	79	0	0	2	0	0	4,168
1	GUATEMALA	PALENCIA	1-5	8,774	25,139	2,226	2,014	810	0	0	22	0	0	38,983
1	GUATEMALA	CHINAUTLA	1-6	22,307	63,412	10,700	11,637	5,567	109	0	82	0	0	113,814
1	GUATEMALA	SAN PEDRO AYAMPUC	1-7	10,531	29,936	5,051	4,247	1,613	52	0	39	0	0	51,469
1	GUATEMALA	MIXCO	1-8	55,563	582,721	156,764	56,599	39,448	1,388	0	1,110	0	0	893,593
1	GUATEMALA	SAN PEDRO SACATEPEQUEZ	1-9	5,794	16,601	1,470	2,222	3,636	0	0	14	0	0	29,736
1	GUATEMALA	SAN JUAN SACATEPEQUEZ	1-10	35,711	101,515	17,129	12,482	7,763	175	0	131	0	0	174,906
1	GUATEMALA	SAN RAIMUNDO	1-11	4,159	11,917	1,055	1,093	1,019	0	0	10	0	0	19,254
1	GUATEMALA	CHUARRANCHO	1-12	1,858	5,323	471	266	230	0	0	5	0	0	8,152
1	GUATEMALA	FRAIJANES	1-13	7,185	20,426	3,447	3,435	1,283	35	0	26	0	0	35,837
1	GUATEMALA	AMATITLAN	1-14	19,395	55,134	9,303	8,247	4,633	95	0	71	0	0	96,879
1	GUATEMALA	VILLA NUEVA	1-15	48,985	513,740	138,207	43,635	35,466	1,223	0	979	0	0	782,236
1	GUATEMALA	VILLA CAÑALES	1-16	24,297	69,068	11,654	10,649	3,848	119	0	89	0	0	119,726
1	GUATEMALA	PETAPA	1-17	13,935	146,142	39,315	12,935	8,572	348	0	278	0	0	221,525
Total				2,105,363	8,254,328	1,432,370	693,906	326,978	10,467	0	11,134	0	0	
				12,834,546										

3.3 Base de datos de infraestructura urbana

3.3.1 Metodología y alcance

Con el objeto de identificar el valor expuesto de infraestructura urbana en todo el país y utilizando el inventario de los centros urbanos correspondientes a cada una de las entidades subnacionales, se realizó una estimación de la cobertura de servicios públicos y valoración de las redes (acueducto, alcantarillado, comunicación), puentes, aeropuertos y puertos.

La infraestructura urbana expuesta se clasifica en las siguientes categorías

- (a) Puentes urbanos
- (b) Aeropuertos
- (c) Puertos
- (d) Subestaciones de energía más redes anexas
- (e) Subestaciones de comunicaciones más antenas
- (f) Redes de acueducto y alcantarillado
- (g) Tanques y plantas de acueducto y alcantarillado
- (h) Redes de gas

Para estimar los valores expuestos se utilizan estadísticas de cobertura de servicios públicos y de transporte e información del censo de vivienda. En el caso de no contar con información confiable, la estimación se realiza a partir de valores típicos de los países de la región según el nivel de complejidad de la entidad subnacional y las densidades de población y nivel de cobertura de cada uno de estos servicios.

3.3.2 Conformación de la base de datos de infraestructura urbana

La información disponible permite consolidar la información relacionada con infraestructura de transporte y servicios públicos de centros urbanos para estimar los valores expuestos en cada uno de los sectores de análisis. La Tabla 3-9 presenta la información obtenida.

Tabla 3-9
Valores en exposición de sistema de transporte, de servicios públicos y redes
 (Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	Aeropuertos				Puentes				Puentes			
				m ² Const (m ²)	Valor const (US\$x10 ⁶)	km Pistas (km)	Valor pistas (US\$x10 ⁶)	m ² Const (m ²)	Valor const (US\$x10 ⁶)	m ² muelle (m ²)	Valor muelle (US\$x10 ⁶)	No puentes Und	Valor (US\$x10 ⁶)		
16	ALTA VERAPAZ	CHAHAL	16-14	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
16	ALTA VERAPAZ	FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS	16-15	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
16	ALTA VERAPAZ	SANTA CATALINA LA TINTA	16-16	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	FLORES	17-1	10,000	6.00	3	7.62	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	SAN JOSE	17-2	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	SAN BENITO	17-3	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	SAN ANDRES	17-4	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	LA LIBERTAD	17-5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	SAN FRANCISCO	17-6	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	SANTA ANA	17-7	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	DOLORES	17-8	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	SAN LUIS	17-9	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	SAYAXCHE	17-10	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	MELCHOR DE MENCOS	17-11	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	PETÉN	POPTUN	17-12	10,000	6.00	2	5.18	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
18	IZABAL	PUERTO BARRIOS	18-1	50,000	100.00	3	27.13	42,966	42.97	34,265	102.79	0	0.00	0	0.00
18	IZABAL	LIVINGSTON	18-2	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Total				170,000	258	15	86	104,199	80	87,765	156	157	314		

Tabla 3-9
Valores en exposición de sistema de transporte, de servicios públicos y redes
 (Continuación)
 (Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	Subestaciones eléctricas (US\$x10 ⁶)	Subestaciones comunicación (US\$x10 ⁶)	Presas (US\$x10 ⁶)	Plantas y tanques (US\$x10 ⁶)	Redes		
								Acueducto (US\$x10 ⁶)	Alcantarillado (US\$x10 ⁶)	Gas (US\$x10 ⁶)
1	GUATEMALA	GUATEMALA	1-1	98.45	7.48	27.21	34.95	49.93	52.45	17.94
1	GUATEMALA	SANTA CATARINA PINULA	1-2	2.20	0.44	0.41	0.60	1.19	1.40	0.43
1	GUATEMALA	SAN JOSE PINULA	1-3	1.54	0.30	0.29	0.42	0.83	0.98	0.30
1	GUATEMALA	SAN JOSE DEL GOLFO	1-4	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00
1	GUATEMALA	PALENCIA	1-5	0.03	0.00	0.00	0.03	0.06	0.11	0.00
1	GUATEMALA	CHINAUTLA	1-6	3.77	0.75	0.71	1.02	2.04	2.40	0.73
1	GUATEMALA	SAN PEDRO AYAMPUC	1-7	1.45	0.29	0.27	0.39	0.79	0.92	0.28
1	GUATEMALA	MIXCO	1-8	40.16	3.05	11.10	14.26	20.37	21.40	7.32
1	GUATEMALA	SAN PEDRO SACATEPEQUEZ	1-9	0.03	0.00	0.00	0.03	0.05	0.10	0.00
1	GUATEMALA	SAN JUAN SACATEPEQUEZ	1-10	3.99	0.79	0.75	1.08	2.16	2.54	0.77
1	GUATEMALA	SAN RAIMUNDO	1-11	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.06	0.00
1	GUATEMALA	CHUARRANCHO	1-12	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.00
1	GUATEMALA	FRAJANES	1-13	0.95	0.19	0.18	0.26	0.52	0.61	0.18
1	GUATEMALA	AMATITLAN	1-14	2.98	0.59	0.56	0.81	1.61	1.90	0.58
1	GUATEMALA	VILLA NUEVA	1-15	31.55	2.40	8.72	11.20	16.00	16.81	5.75
1	GUATEMALA	VILLA CANALES	1-16	3.65	0.72	0.68	0.99	1.98	2.32	0.71
1	GUATEMALA	PETAPA	1-17	9.84	0.75	2.72	3.49	4.99	5.24	1.79
Total				284	30	71	97	152	170	52
				1,750						

3.4 Base de datos de infraestructura nacional

3.4.1 Metodología y alcance

Con el objeto de cuantificar el valor expuesto de infraestructura nacional se utilizó el inventario de entidades subnacionales junto con los centros poblados y tipos de servicios que disponen. Con base en esto se realizó una estimación de la cobertura de servicios y valoración de los componentes de infraestructura tales como hidroeléctricas, redes de interconexión nacional, líneas de transporte de hidrocarburos y redes viales nacionales.

La infraestructura nacional se clasifica en las siguientes categorías:

- (a) Vías red primaria
- (b) Vías red secundaria
- (c) Hidroeléctricas
- (d) Presas
- (e) Plantas térmicas
- (f) Subestaciones de energía más redes anexas
- (g) Subestaciones de comunicaciones más antenas
- (h) Subestaciones de combustible y gas más redes anexas.

La asignación de valores sobre la infraestructura descrita anteriormente se realiza bajo el estimativo de cobertura de la población con los servicios relacionados a cada tipo de infraestructura, la producción energética del país, el número de líneas móviles y fijas y del nivel de hidrocarburos explotados. Los anteriores valores se ubican geográficamente respecto de la densidad de población y los centros de producción.

3.4.2 Conformación de la base de datos de infraestructura nacional

La información disponible permite consolidar la información relacionada con infraestructura nacional de transporte y servicios públicos para estimar los valores expuestos en cada uno de los sectores de análisis. La Tabla 3-10 y la Tabla 3-11 presentan la información resultante.

Tabla 3-10
Valores de exposición de la red vial nacional
(Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	Red Primaria		Red Secundaria		Red Primaria		Red Secundaria	
				km de vía	Valor vías	km de vía	Valor vías	km puentes	Valor puentes	km puente	Valor puentes
				(km)	(CostoUS\$ x 10 ⁶)	(km)	(CostoUS\$ x 10 ⁶)	(km)	(CostoUS\$ x 10 ⁶)	(km)	(CostoUS\$ x 10 ⁶)
4	CHIMALTENANGO	ZARAGOZA	4-15	7.19	18.68	8.69	2.82	0.10	1.94	0.01	0.20
4	CHIMALTENANGO	EL TEJAR	4-16	5.55	14.42	6.71	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00
5	ESCUINTLA	ESCUINTLA	5-1	114.39	297.41	86.57	28.14	0.49	9.70	0.05	0.79
5	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	5-2	82.02	213.26	62.08	20.18	0.39	7.76	0.04	0.64
5	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	5-3	17.52	45.55	13.26	4.31	0.00	0.00	0.00	0.00
5	ESCUINTLA	SIQUINALA	5-4	14.11	36.70	10.68	3.47	0.29	5.82	0.03	0.48
5	ESCUINTLA	MASAGUA	5-5	30.76	79.99	23.28	7.57	0.29	5.82	0.03	0.48
5	ESCUINTLA	TIQUISATE	5-6	42.92	111.58	32.48	10.56	0.39	7.76	0.04	0.64
5	ESCUINTLA	LA GOMERA	5-7	45.77	119.00	34.64	11.26	0.19	3.88	0.02	0.32
5	ESCUINTLA	GUANAGAZAPA	5-8	12.14	31.57	9.19	2.99	0.29	5.82	0.03	0.48
5	ESCUINTLA	SAN JOSE	5-9	39.88	103.70	30.18	9.81	0.00	0.00	0.00	0.00
5	ESCUINTLA	IZTAPA	5-10	10.49	27.27	7.94	2.58	0.19	3.88	0.02	0.32
5	ESCUINTLA	PALIN	5-11	35.07	91.18	26.54	8.63	0.00	0.00	0.00	0.00
5	ESCUINTLA	SAN VICENTE PACAYA	5-12	12.10	31.45	9.15	2.98	0.10	1.94	0.01	0.16
5	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION	5-13	56.83	147.75	43.01	13.98	0.10	1.94	0.01	0.16
6	SANTA ROSA	CUILAPA	6-1	28.55	74.23	22.39	7.28	0.19	3.88	0.02	0.32
6	SANTA ROSA	BARBERENA	6-2	35.89	93.33	28.15	9.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Total				6,418	16,687	5,127	1,666	47	943	5	82
					19,378						

Tabla 3-11
Valores de exposición de infraestructura nacional
 (Muestra ilustrativa de los datos, ver Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3)

ID Depto	Departamento	Municipio	ID	Generación energética				Distribución energética		Comunicaciones		Hidrocarburos	
				Hidroeléctricas		Plantas		Subestaciones	Redes	Lineas fijas	Lineas móviles	Derivados	Gas
				Presa	Casa de máquinas	Térmicas	Geotérmicas						
				(US\$ x 10 ⁶)									
16	ALTA VERAPAZ	COBAN	16-1	5.41	2.84	5.85	0.20	0.78	0.78	0.11	1.66	38.86	2.32
16	ALTA VERAPAZ	SANTA CRUZ VERAPAZ	16-2	1.11	0.58	1.20	0.04	0.16	0.16	0.00	0.22	38.86	0.24
16	ALTA VERAPAZ	SAN CRISTOBAL VERAPAZ	16-3	2.27	1.19	2.45	0.09	0.33	0.33	0.01	0.50	38.86	0.34
16	ALTA VERAPAZ	TACTIC	16-4	1.52	0.80	1.64	0.06	0.22	0.22	0.01	0.28	38.86	0.36
16	ALTA VERAPAZ	TAMAHU	16-5	0.40	0.21	0.44	0.02	0.06	0.06	0.00	0.15	38.86	0.04
16	ALTA VERAPAZ	TUCURU	16-6	0.58	0.30	0.63	0.02	0.08	0.08	0.00	0.33	38.86	0.08
16	ALTA VERAPAZ	PANZOS	16-7	1.00	0.52	1.08	0.04	0.14	0.14	0.00	0.51	38.86	0.14
16	ALTA VERAPAZ	SENAHU	16-8	0.49	0.26	0.53	0.02	0.07	0.07	0.00	0.62	38.86	0.15
16	ALTA VERAPAZ	SAN PEDRO CARCHA	16-9	2.44	1.28	2.64	0.09	0.35	0.35	0.02	1.70	38.86	0.76
16	ALTA VERAPAZ	SAN JUAN CHAMELCO	16-10	1.42	0.74	1.53	0.05	0.20	0.20	0.00	0.45	38.86	0.19
16	ALTA VERAPAZ	LANQUIN	16-11	0.27	0.14	0.29	0.01	0.04	0.04	0.00	0.19	38.86	0.06
16	ALTA VERAPAZ	CAHABON	16-12	0.51	0.27	0.55	0.02	0.07	0.07	0.00	0.49	38.86	0.12
16	ALTA VERAPAZ	CHISEC	16-13	1.62	0.85	1.76	0.06	0.23	0.23	0.00	0.79	38.86	0.15
16	ALTA VERAPAZ	CHAHAL	16-14	0.18	0.09	0.19	0.01	0.03	0.03	0.00	0.19	38.86	0.04
16	ALTA VERAPAZ	FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS	16-15	0.90	0.47	0.97	0.03	0.13	0.13	0.00	0.51	38.86	0.16
16	ALTA VERAPAZ	SANTA CATALINA LA TINTA	16-16	0.77	0.40	0.83	0.03	0.11	0.11	0.00	0.31	38.86	0.09
17	PETEN	FLORES	17-1	2.00	1.05	2.16	0.08	0.29	0.29	0.04	0.35	86.34	0.78
Total				697	366	754	26	101	101	14	129	2,095	232
				4,515									

3.5 Resumen general de indicadores de exposición

La información recopilada para cada una de las secciones anteriores, se organiza y clasifica en una hoja de cálculo (Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3) en la cual se presentan cada una de las bases de datos de entidades subnacionales, población, construcciones e infraestructura urbana y nacional. En esta misma hoja de cálculo se presenta un resumen de los índices generales resultantes del país y de los valores en exposición para cada uno de los activos estimados. La Tabla 3-12 y la Tabla 3-8 presentan un resumen de los valores finales resultantes de índices y de exposición física, económica y humana.

Tabla 3-12
Indicadores y parámetros generales

Indicador	Unidad	Valor
Población total	Hab	12,875,954
Población urbana	Hab	5,940,957
Población rural	Hab	6,934,997
Salario mínimo mensual	US\$	194
PIB (2008)	US\$Billones	67.45
PIB per capita (2008)	US\$	5400

Tabla 3-13
Áreas y densidades de construcción

Construcciones	Unidad	Valor	Unidad	Valor per capita
Área construida urbana	m ²	193,554 x10 ³	m ² /Hab	15.0
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.18		-

Tabla 3-14
Valoración económica de infraestructura

Infraestructura	Unidad	Valor económico	Unidad	Valor económico per capita	Valor económico per capita / PIB per capita	Participación relativa
Construcciones urbanas	US\$ $\times 10^6$	73,375	US\$/Hab	5,699	1.06	74.7%
Construcciones rurales	US\$ $\times 10^6$	-	US\$/Hab	-	-	-
Infraestructura urbana	US\$ $\times 10^6$	894	US\$/Hab	69	0.01	0.9%
Infraestructura nacional	US\$ $\times 10^6$	23,894	US\$/Hab	1,856	0.34	24.3%
Total Infraestructura país	US\$$\times 10^6$	98,163	US\$/Hab	7,624	0.56	100.0%

Tabla 3-15
Área de construcción y valoración económica de construcciones urbanas

Grupos de uso	Área de construcción [m ² $\times 10^3$]	Valor económico [US\$ $\times 10^6$]	Área de construcción / población del grupo de uso	
			Unidad	Valor
Residencial PB	22,088	2,650	m ² /Hab PB	3.4
Residencial PM	70,736	24,501	m ² /Hab PM	12.3
Residencial PA	15,408	9,721	m ² /Hab PA	22.9
Comercial	34,560	12,735	m ² /FL	20.0
Industrial	27,043	16,180	m ² /FL	50.0
Salud Privada	37	26	m ² /1000 Hab	2.9
Educación Privada	6,007	2,280	m ² /Est	2.0
Salud Pública	44	21	m ² /1000 Hab	3.4
Educación Pública	16,460	4,858	m ² /Est	5.4
Gobierno	1,173	405	m ² /EP	5.0
Total	193,554	73,375	m²/Hab urbano	32.6

Tabla 3-16
Ocupación según grupos de uso y escenarios diurno y nocturno

Grupos de uso	Ocupación Día [Hab]	Ocupación Noche [Hab]
Residencial PB	1,157,950	2,105,363
Residencial PM	4,539,880	8,254,328
Residencial PA	787,804	1,432,370
Comercial	1,850,417	693,906
Industrial	588,560	326,978
Salud Privada	10,467	10,467
Educación Privada	1,151,128	0
Salud Pública	11,134	11,134
Educación Pública	2,296,510	0
Gobierno	248,793	0
Total	12,642,643	12,834,546

Tabla 3-17
Valoración de infraestructura urbana

Sector	Cantidad		Cantidad per capita Urbano	Valor económico [US\$ $\times 10^6$]	Valor económico per capita Urbano [US\$ / Hab]	Valor económico / Cantidad	
	Unidad	Valor				Unidad	Valor
SubEst eléctricas	-	-	-	284	48	-	-
SubEst Comunicaciones	-	-	-	30	5	-	-
Presas abastecimiento	-	-	-	71	12	-	-
Plantas y tanques	-	-	-	97	16	-	-
Red Acueducto	-	-	-	152	26	-	-
Red Alcantarillado	-	-	-	170	29	-	-
Red Gas	-	-	-	52	9	-	-
Aeropuertos (Terminal)	m ²	170,000	28.6	258	43	US\$/m ²	1,518
Aeropuertos (Pistas)	km	15	0.0	86	15	US\$ $\times 10^6$ /km	6
Puertos (Bodegas)	m ²	104,199	17.5	80	13	US\$/m ²	765
Puertos (Muelle)	m ²	87,765	14.8	156	26	US\$/m ²	1,781
Puentes Urbanos	Und	157	0.0	314	53	US\$ $\times 10^6$ /und	2
Total				1,750	295		

Tabla 3-18
Valoración de infraestructura nacional

Sector	Cantidad		Valor económico [US\$ $\times 10^6$]	Valor económico per capita nacional [US\$/Hab]	Valor económico / Cantidad [US\$ $\times 10^6$ /km]
	Unidad	Valor			
Red vial principal (Vías)	km	6,418	16,687	1,296	2.6
Red vial secundaria (Vías)	km	5,127	1,666	129	0.33
Red vial principal (Puentes)	km	47	943	73	20
Red vial secundaria (Puentes)	km	5	82	6	15
Hidroeléctricas (Presas)	-	-	697	54	-
Hidroeléctricas (Casas de Maquinas)	-	-	366	28	-
Plantas Térmicas	-	-	754	59	-
Plantas Geotérmicas	-	-	26	2	-
Distribución energética (Subestaciones)	-	-	101	8	-
Distribución energética (Redes)	-	-	101	8	-
Comunicaciones (Líneas Fijas)	-	-	14	1	-
Comunicaciones (Líneas Móviles)	-	-	129	10.0	-
Hidrocarburos Derivados	-	-	2,095	163	-
Hidrocarburos (Gas)	-	-	232	18	-
Total			23,894	1,856	

3.6 Presentación gráfica del modelo de activos expuesto

Para comprender la distribución relativa de valores expuestos tanto geográficamente como por sectores económicos, del desarrollo o de uso se presentan a continuación una serie de gráficas representativas de los parámetros más importantes del modelo.

3.6.1 Edificaciones urbanas según área construida y valor por departamentos y grupos de uso

La Figura 3-2 a la Figura 3-4 presentan la extensión en km², la población y la densidad poblacional (urbana, rural y total) para cada una de los 22 departamentos analizados.

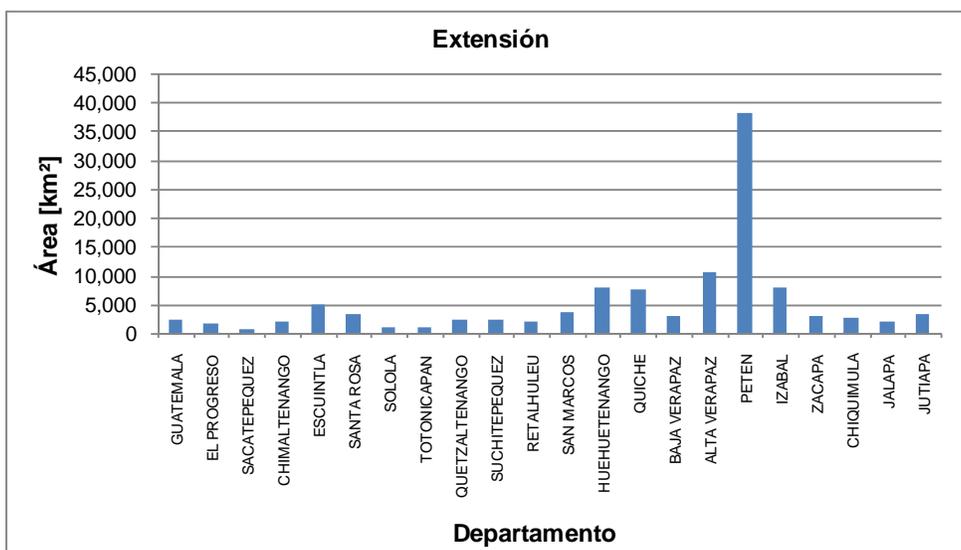


Figura 3-2
Extensión territorial

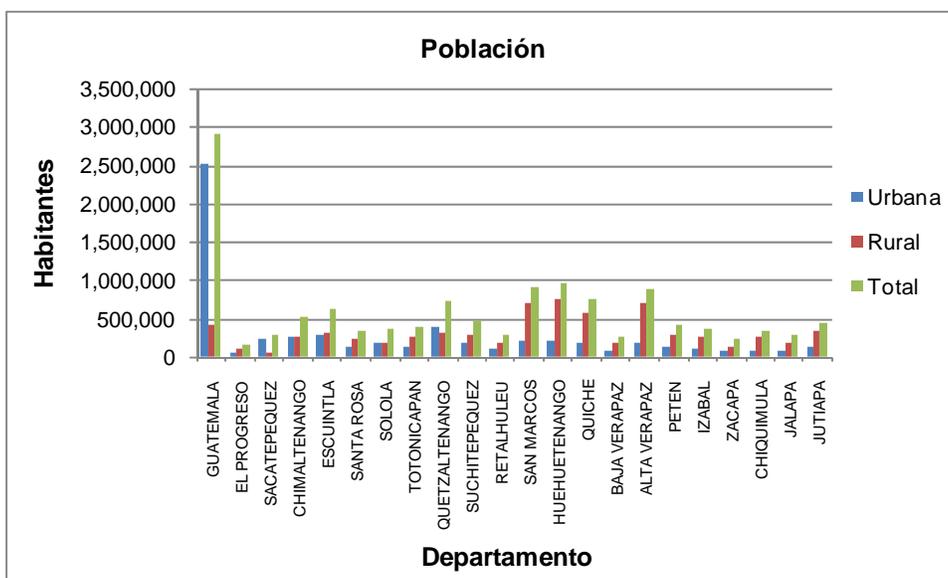


Figura 3-3
Población por departamento

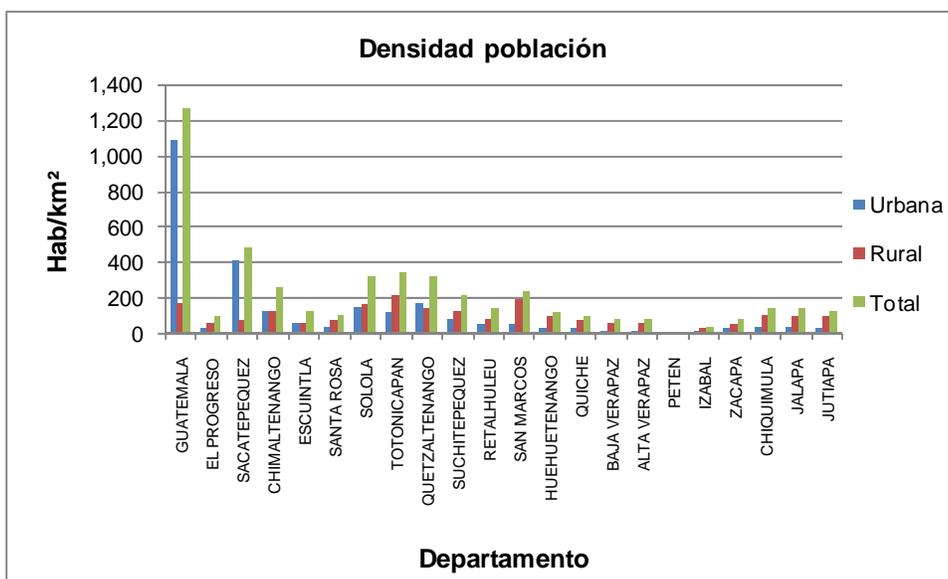


Figura 3-4
Densidad de población por departamento

La Figura 3-5 y la Figura 3-6 presentan los valores estimados de área de construcción urbana en m² y valor expuesto correspondiente para cada una de los departamentos.

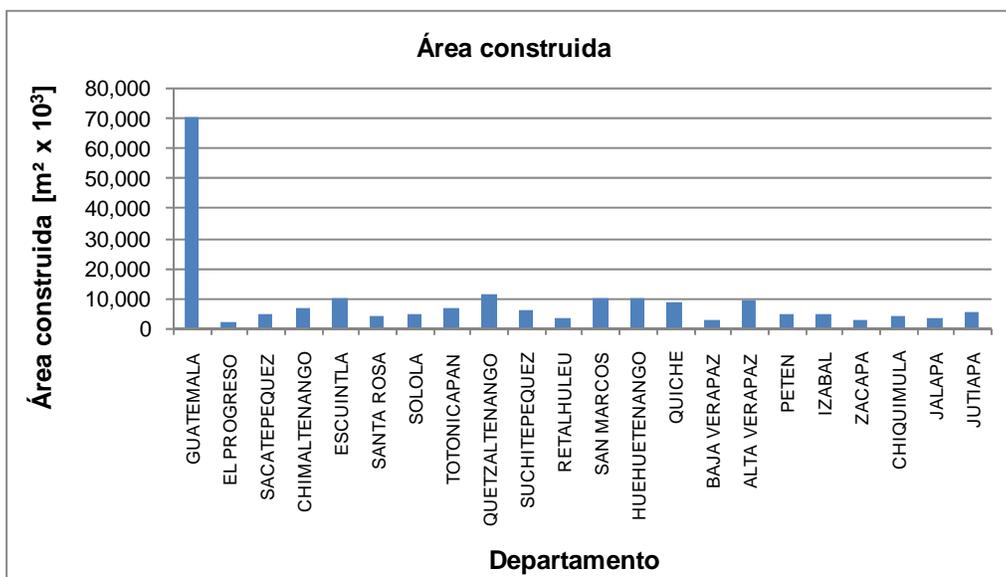


Figura 3-5
Área construida por departamento



Figura 3-6
Valores expuestos de edificaciones regulares por departamento

Por otro lado la Figura 3-7 y la Figura 3-8 presentan la información correspondiente a área construida aproximada y valores de exposición para cada uno de los grupos de uso.

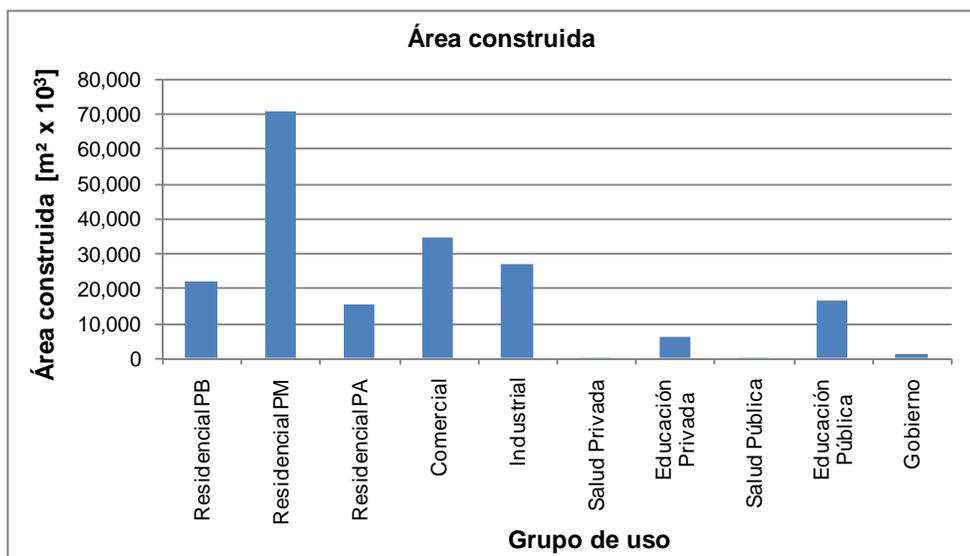


Figura 3-7
Área construida por grupo de uso

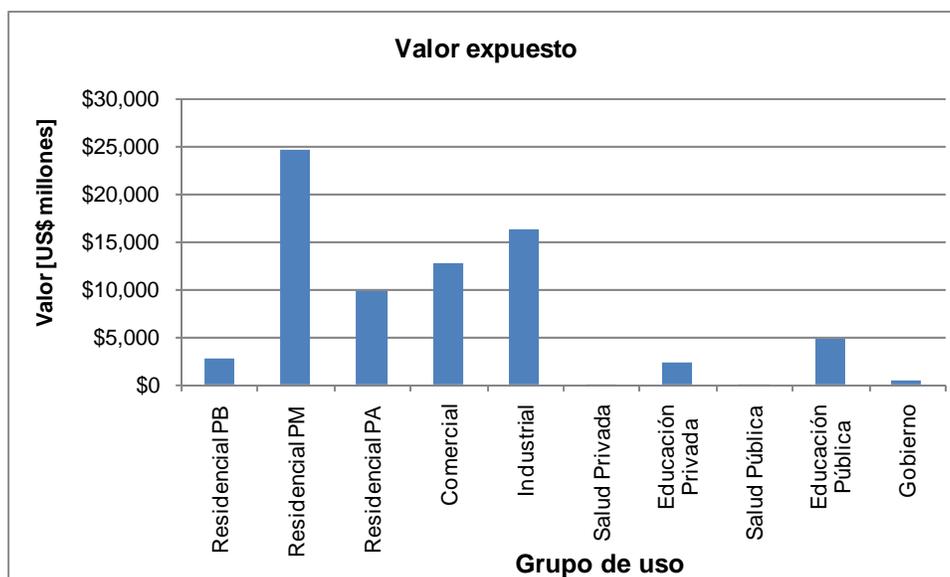


Figura 3-8
Valor expuesto por grupo de uso

La información anterior se combina en gráficas de tres ejes (Figura 3-9 y Figura 3-10) en las cuales se presentan las áreas de construcción y los valores expuestos correspondientes estimados y discriminados de acuerdo con cada una de los departamentos y con cada uno de los grupos de uso.

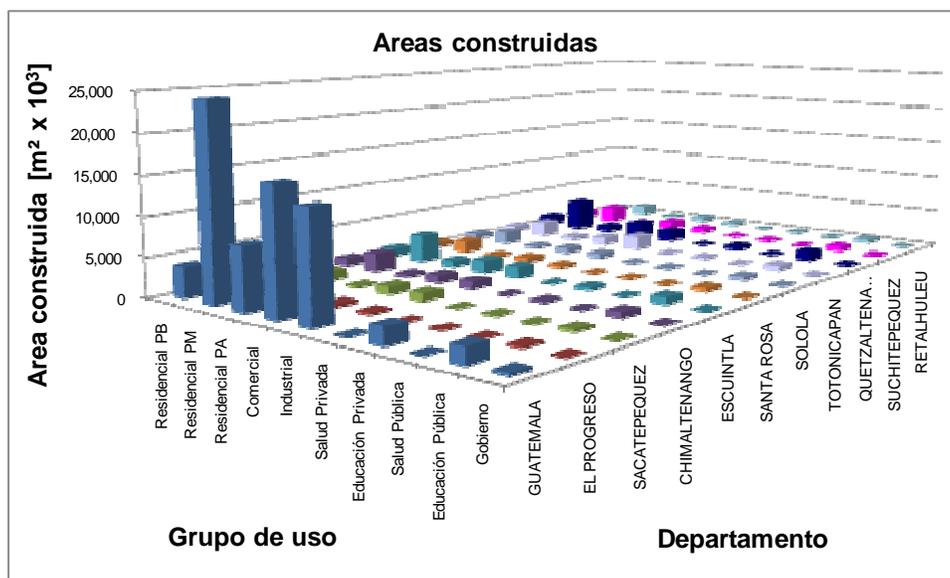


Figura 3-9
Área construida por departamento y grupo de uso

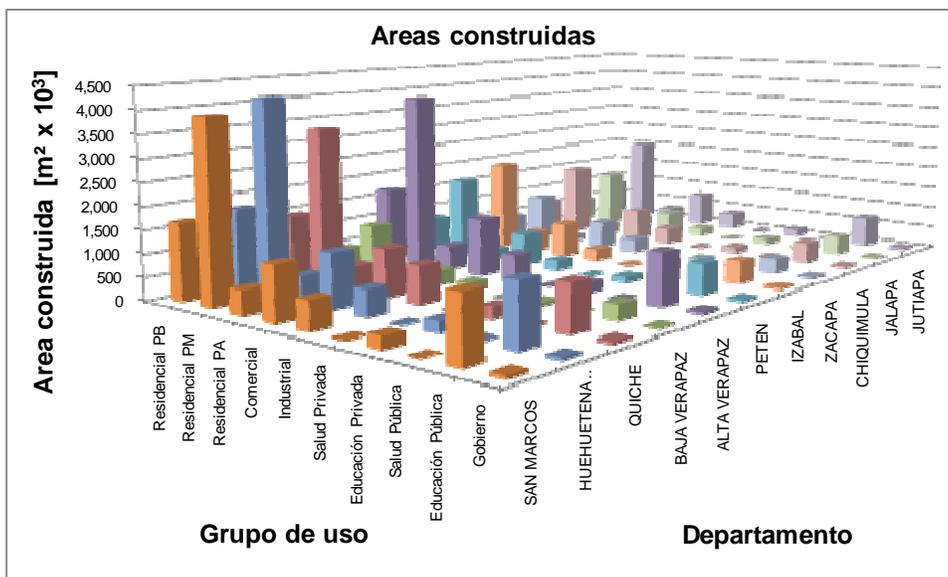


Figura 3-9
Área construida por departamento y grupo de uso
Continuación

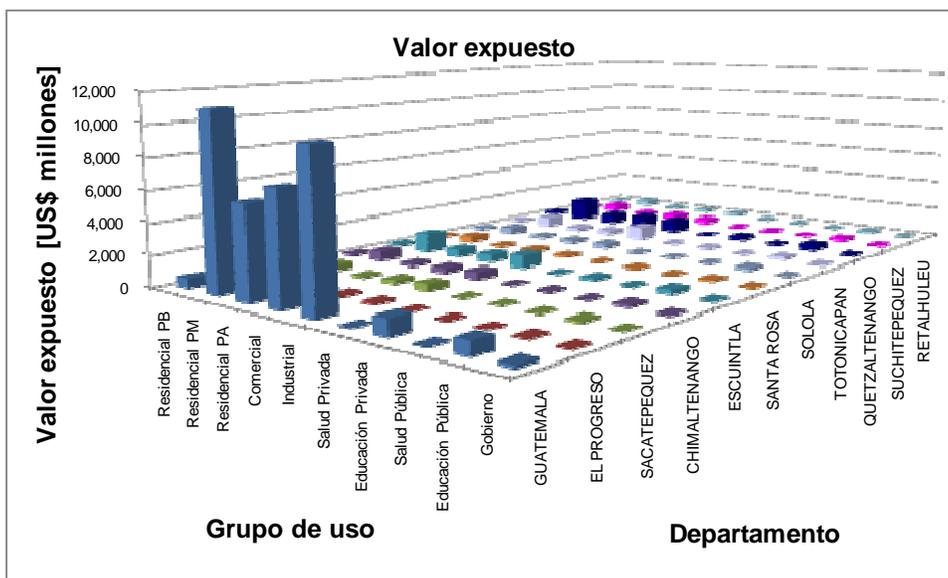


Figura 3-10
Valor expuesto por departamento y grupo de uso

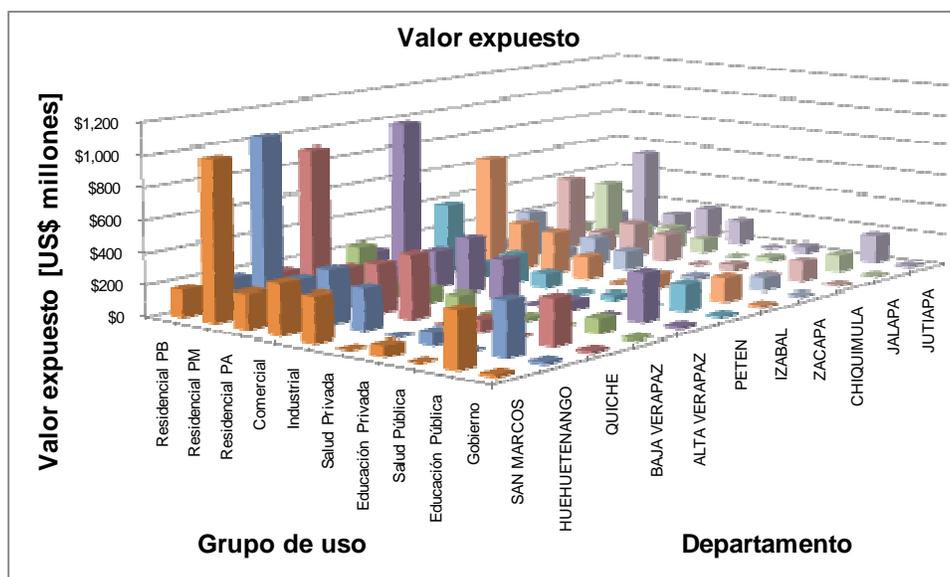


Figura 3-10
Valor expuesto por departamento y grupo de uso
continuación

3.6.2 Infraestructura urbana según valores por departamentos y sectores

La Figura 3-11 y la Figura 3-12 presentan los valores expuestos estimados de la infraestructura urbana que incluye puentes, aeropuertos, puertos, sistema de distribución de energía, telecomunicaciones, sistemas de potabilización, distribución y tratamiento de aguas y sistema de distribución de gas. La información se presenta discriminada para cada una de los departamentos y por sectores.

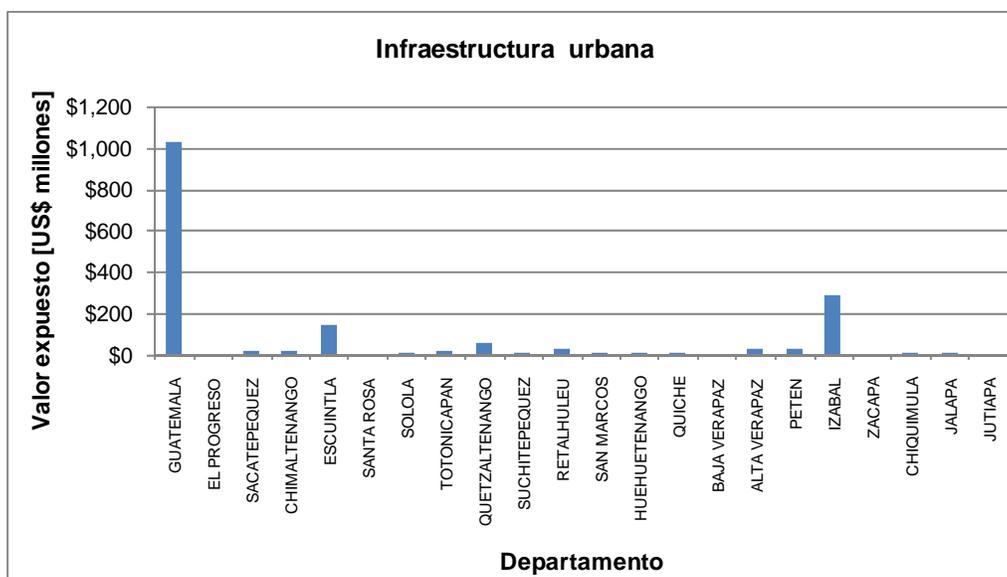


Figura 3-11
Valor expuesto en infraestructura urbana por departamentos

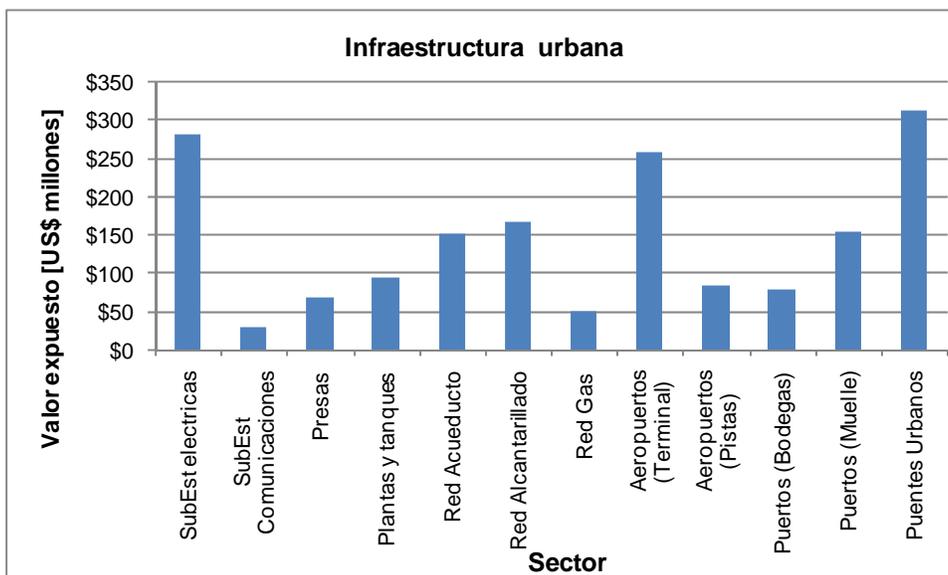


Figura 3-12
Valor expuesto en infraestructura urbana por sector

La Figura 3-13 muestra la información presentada anteriormente en una gráfica de tres dimensiones.

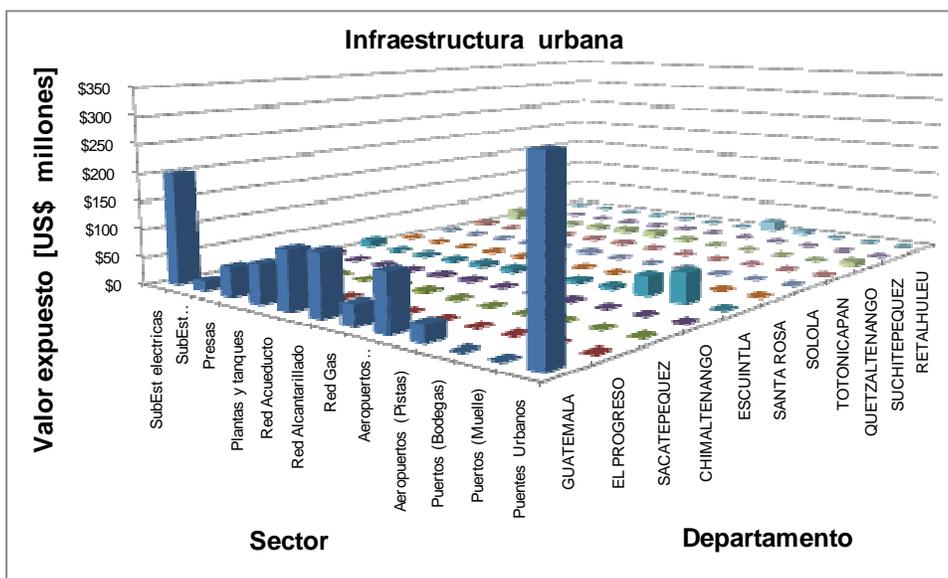


Figura 3-13
Valor expuesto en infraestructura urbana por departamento y sector

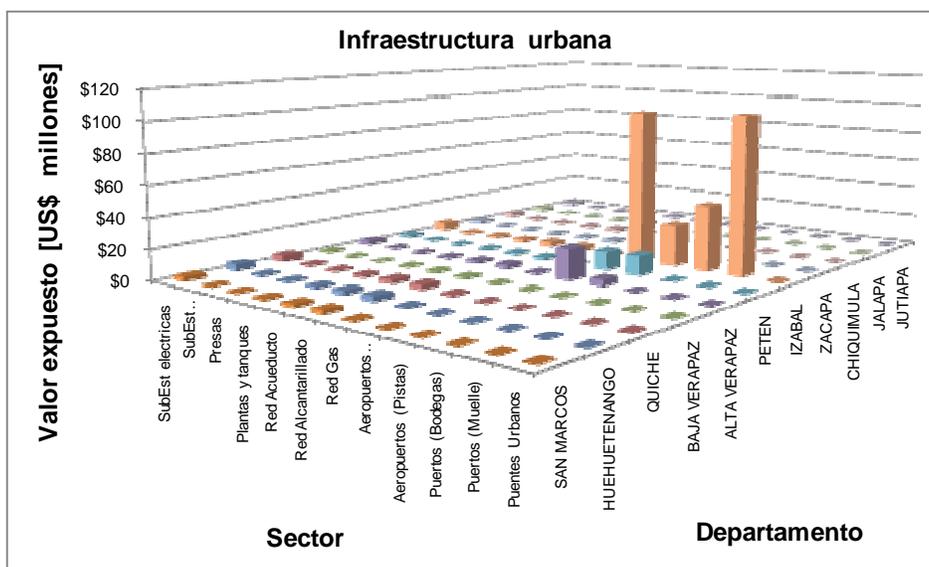


Figura 3-13
 Valor expuesto en infraestructura urbana por departamento y sector
 Continuación

3.6.3 Infraestructura nacional según valores por departamentos y sectores

La Figura 3-14 y Figura 3-15 presentan los valores expuestos estimados de la infraestructura nacional que incluye la red vial principal y secundaria, puentes vehiculares, sistemas de generación de energía, presas, plantas térmicas, subestaciones de energía, subestaciones de telecomunicaciones, subestaciones y redes de distribución de gas natural y sistema de hidrocarburos. La información se presenta discriminada para cada una de los departamentos y por sectores.

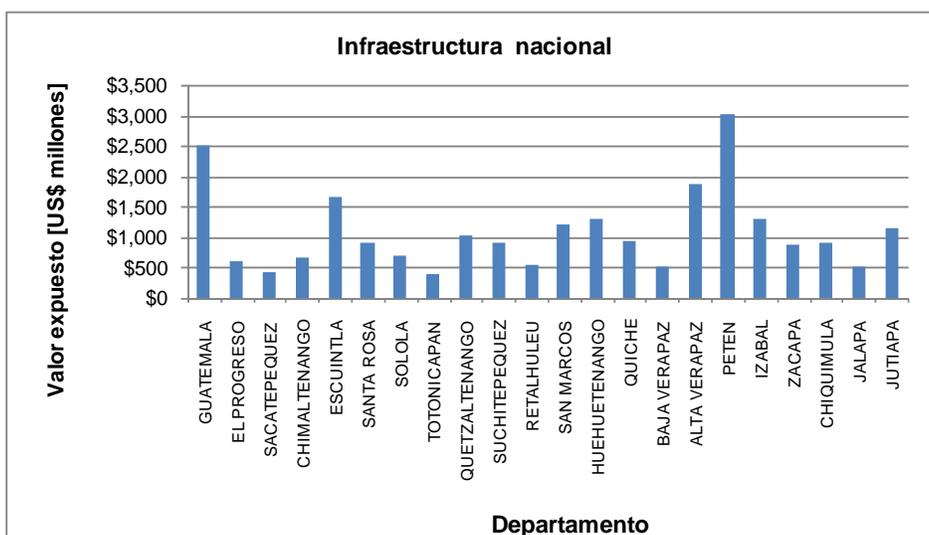


Figura 3-14
 Valor expuesto en infraestructura nacional por departamento

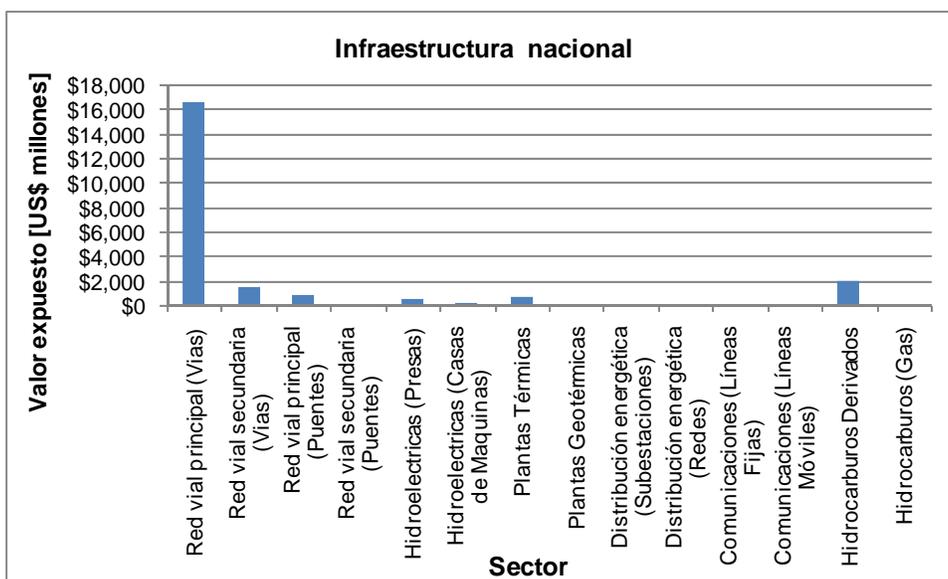


Figura 3-15
Valor expuesto en infraestructura nacional por sector

La Figura 3-16 resume la información anterior en una gráfica de tres ejes.

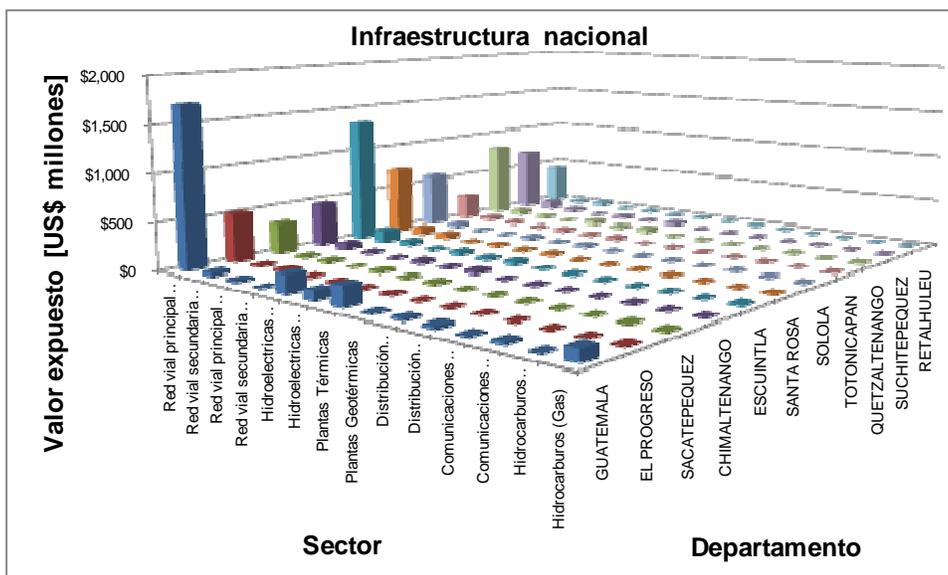


Figura 3-16
Valor expuesto en infraestructura nacional por departamento y sector

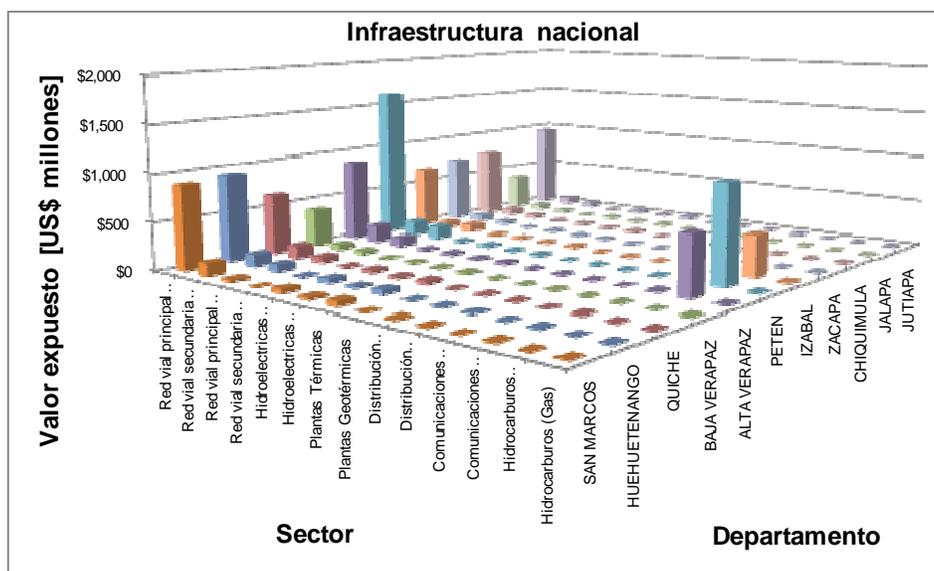


Figura 3-16
 Valor expuesto en infraestructura nacional por departamento y sector
 continuación

3.6.4 Resumen de valores expuestos totales por departamentos y sectores

La Figura 3-17 y la Figura 3-18 presentan el resumen de los valores totales expuestos que resultan de sumar los valores de las edificaciones urbanas, la infraestructura urbana y la infraestructura nacional discriminados para cada una de los departamentos y para cada uno de los sectores de uso. En las categorías de sectores se incluye en forma individual los sectores asociados a las edificaciones urbanas, la infraestructura urbana y la infraestructura nacional.



Figura 3-17
 Valor total expuesto nacional por departamento

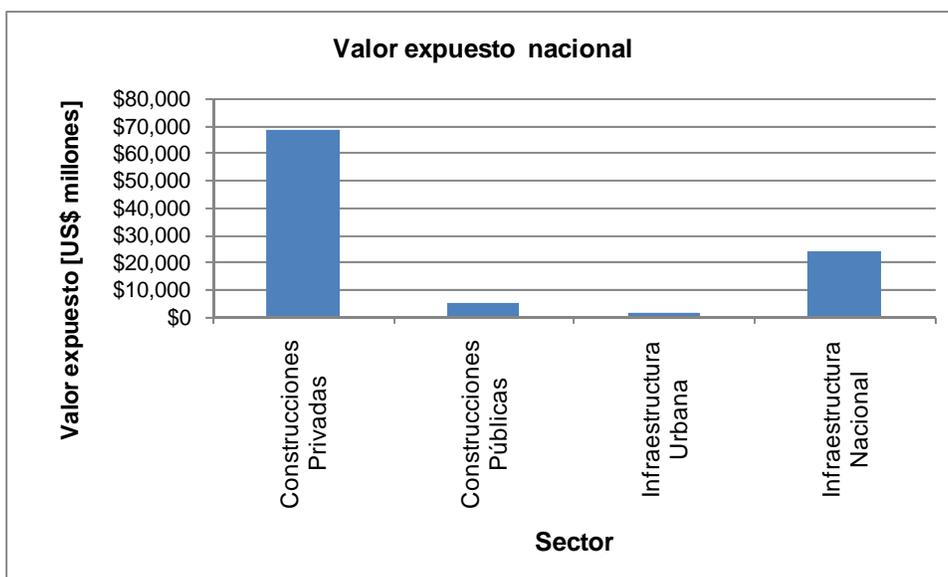


Figura 3-18
Valor total expuesto nacional por sectores

La Figura 3-19 muestra la información presentada anteriormente en una gráfica de tres dimensiones.

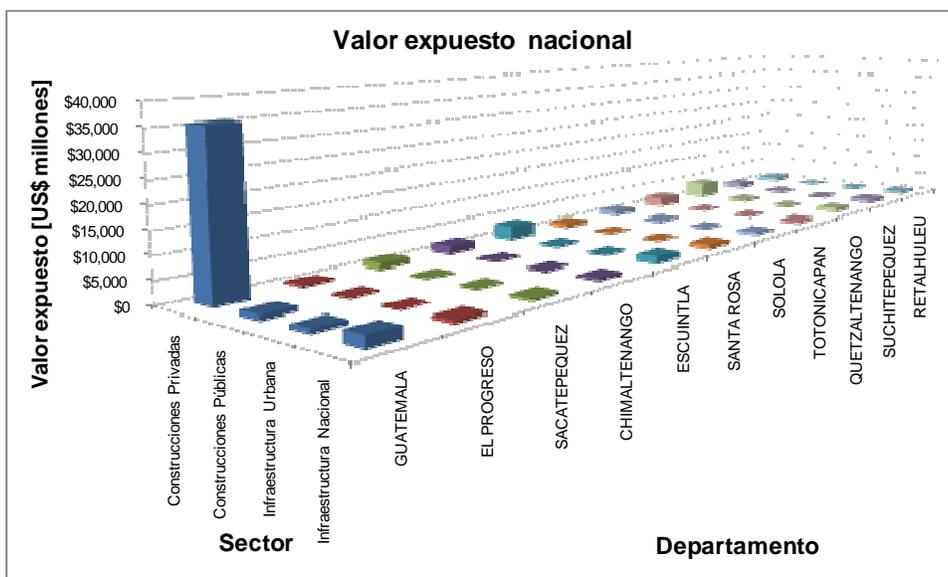


Figura 3-19
Valor total expuesto en infraestructura nacional por departamentos y sectores

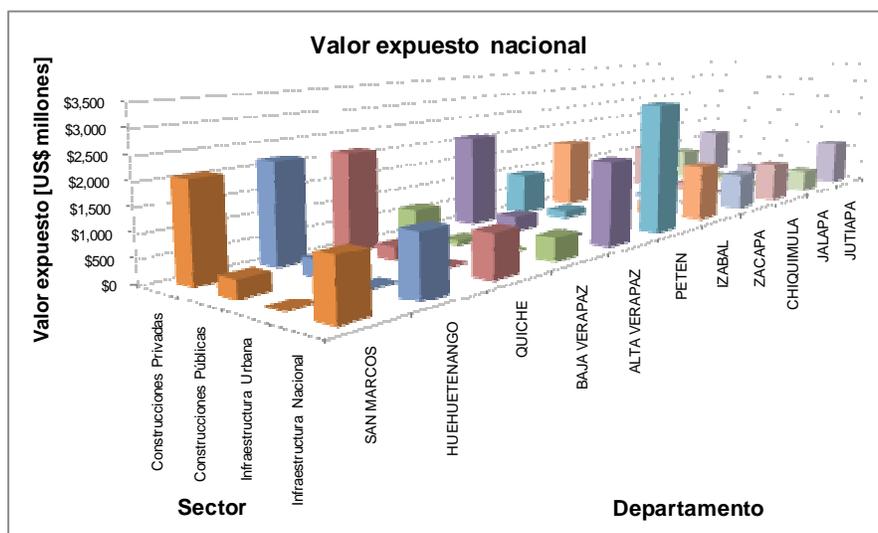


Figura 3-19

Valor total expuesto en infraestructura nacional por departamentos y sectores
Continuación

La Figura 3-20 muestra los valores expuestos nacionales para los sectores construcciones urbanas y rurales e infraestructura urbana y nacional, adicionalmente muestra el valor total expuesto del país.

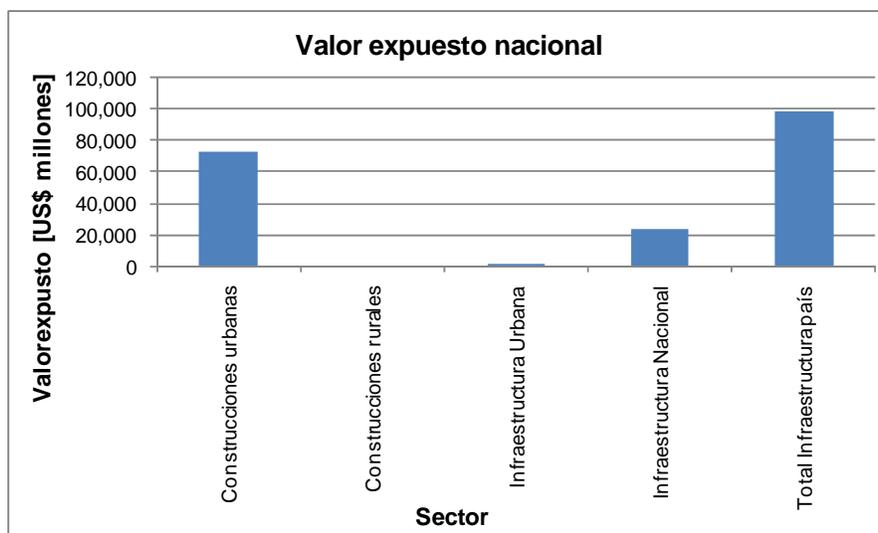


Figura 3-20

Valor expuesto nacional por sector

3.6.5 Información en mapas descriptivos

La Figura 3-21 a la Figura 3-30 presentan mapas de información por municipios y departamentos, para cada una de las siguientes variables: población, distribución de área construida y distribución del valor de exposición.

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

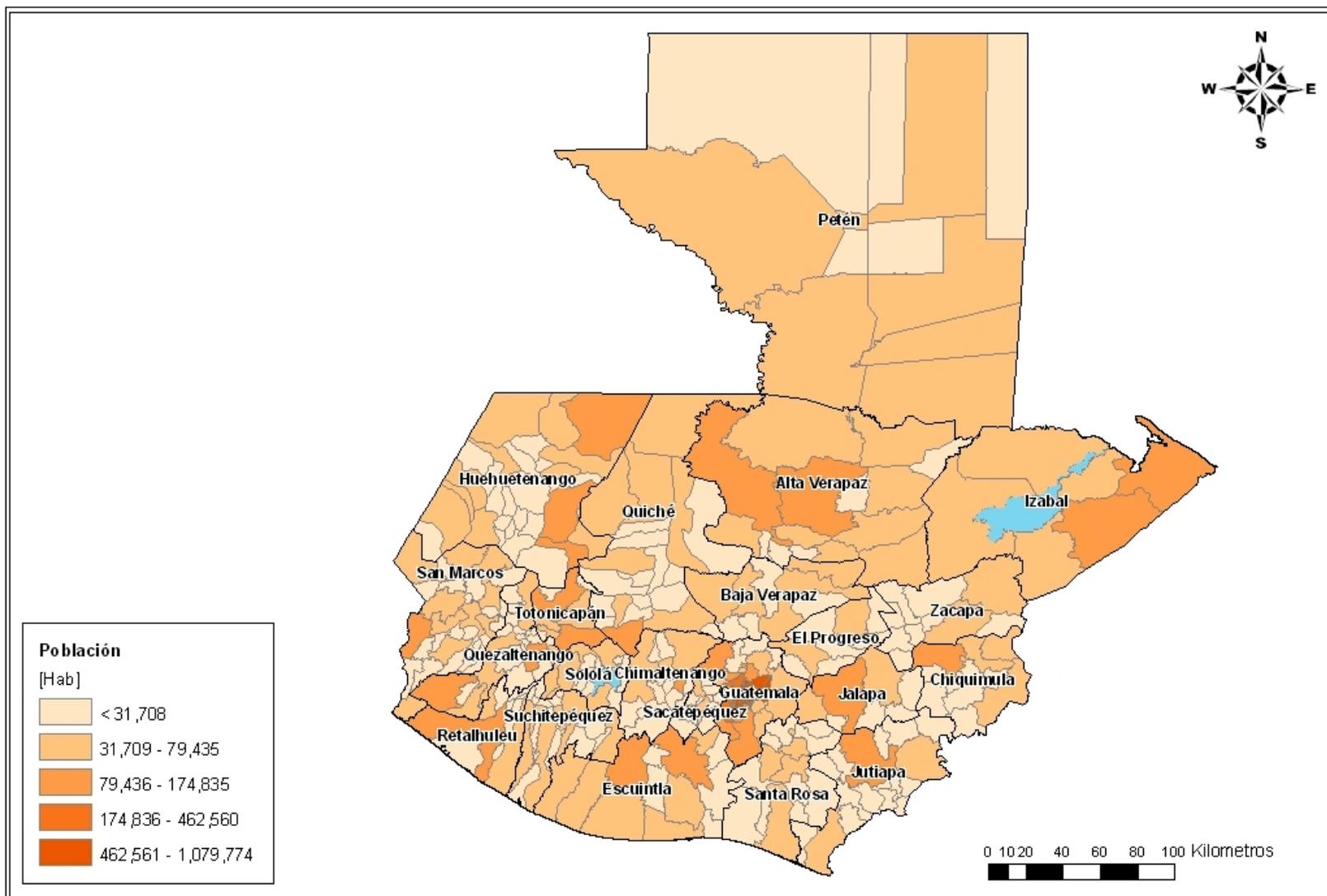


Figura 3-21
Población por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

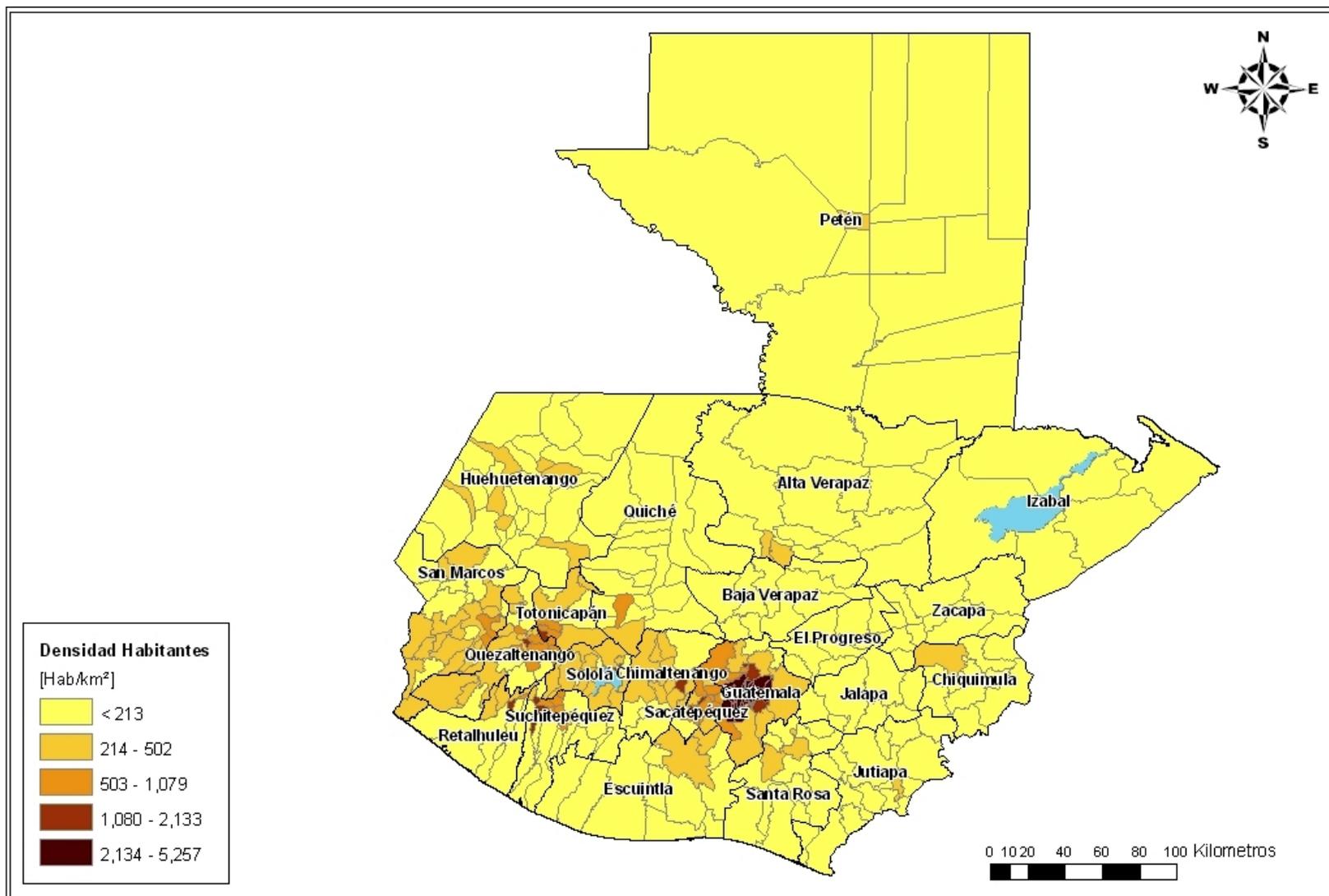


Figura 3-22
Densidad poblacional por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

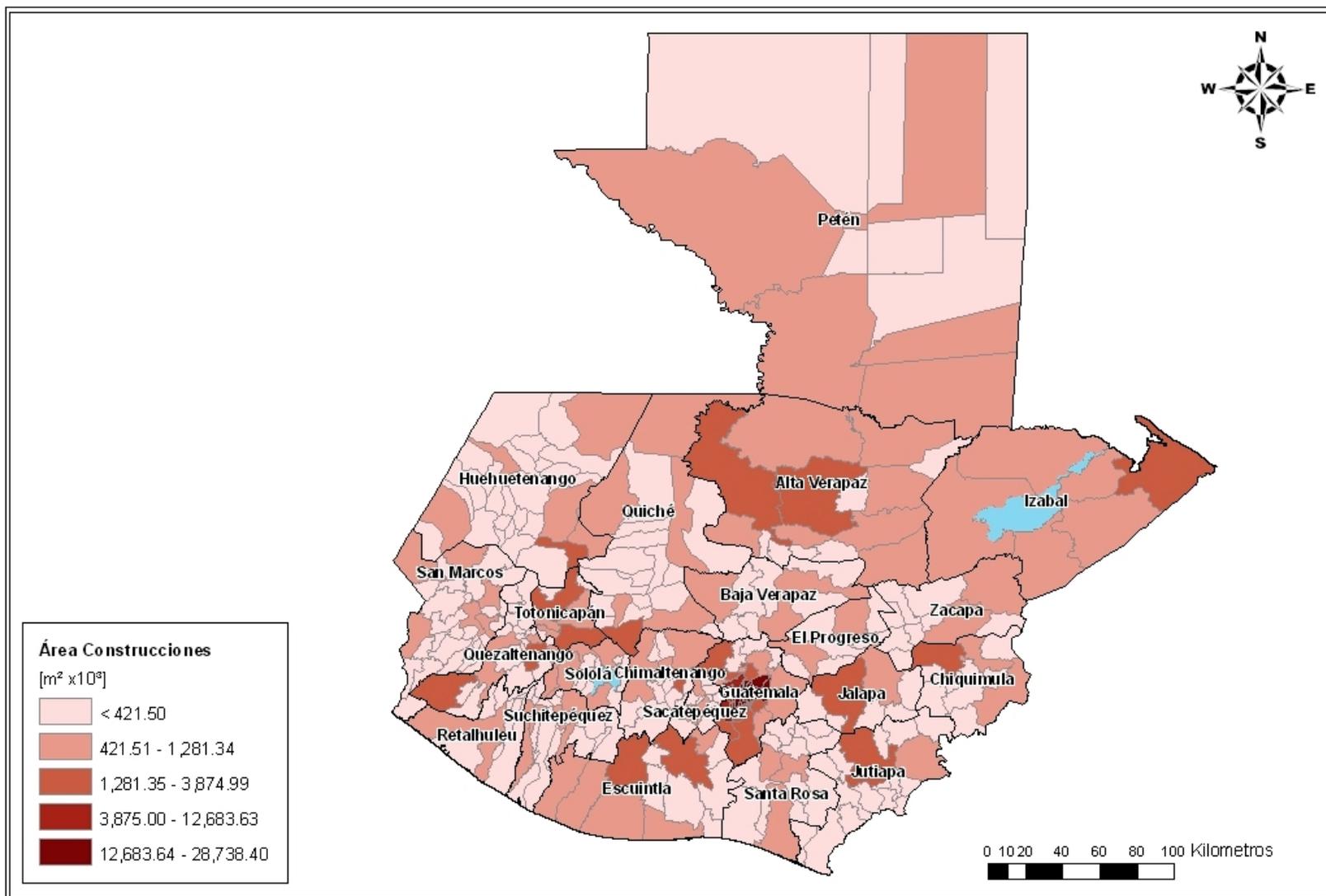


Figura 3-23
Área construida por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

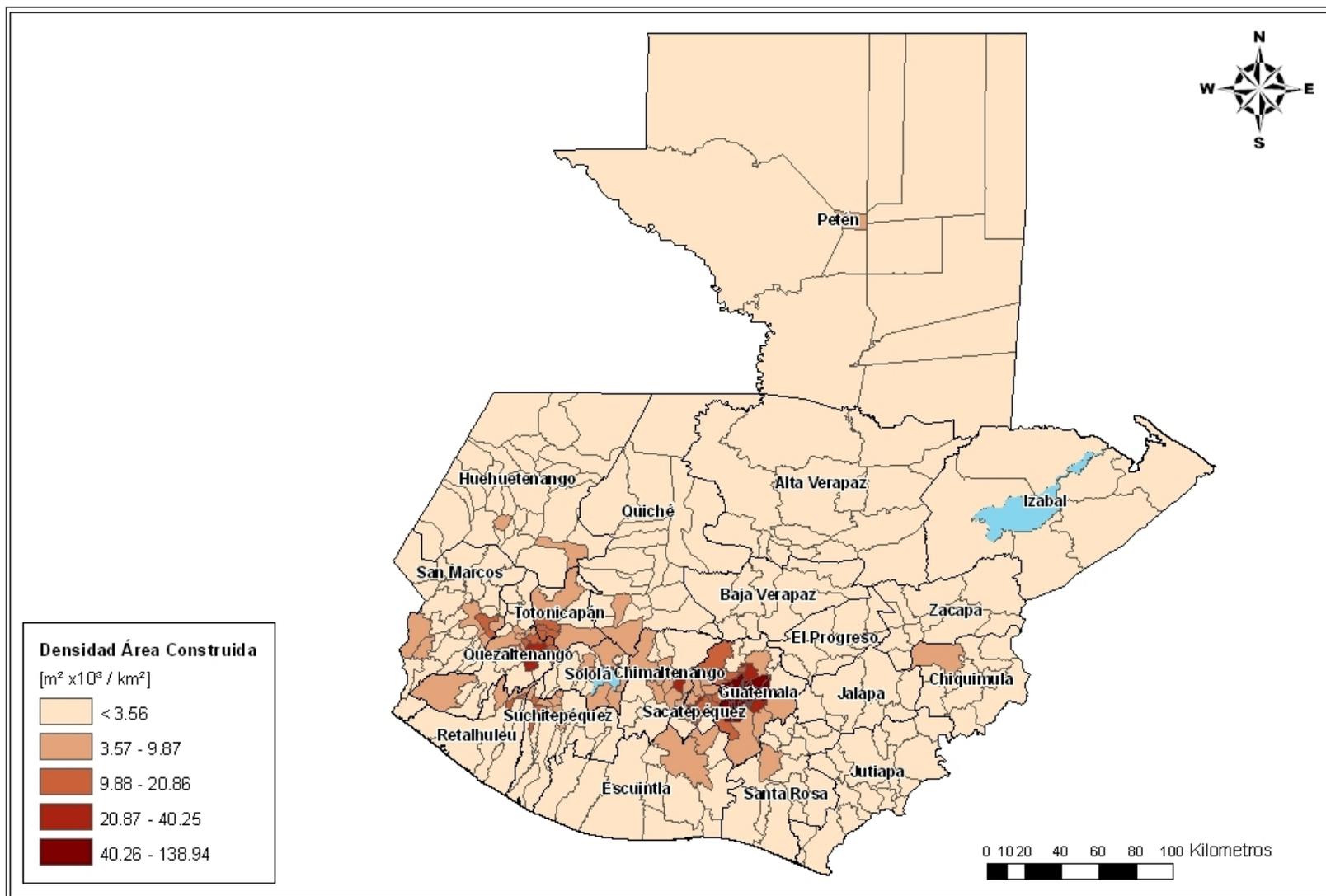


Figura 3-24
Densidad de área construida por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

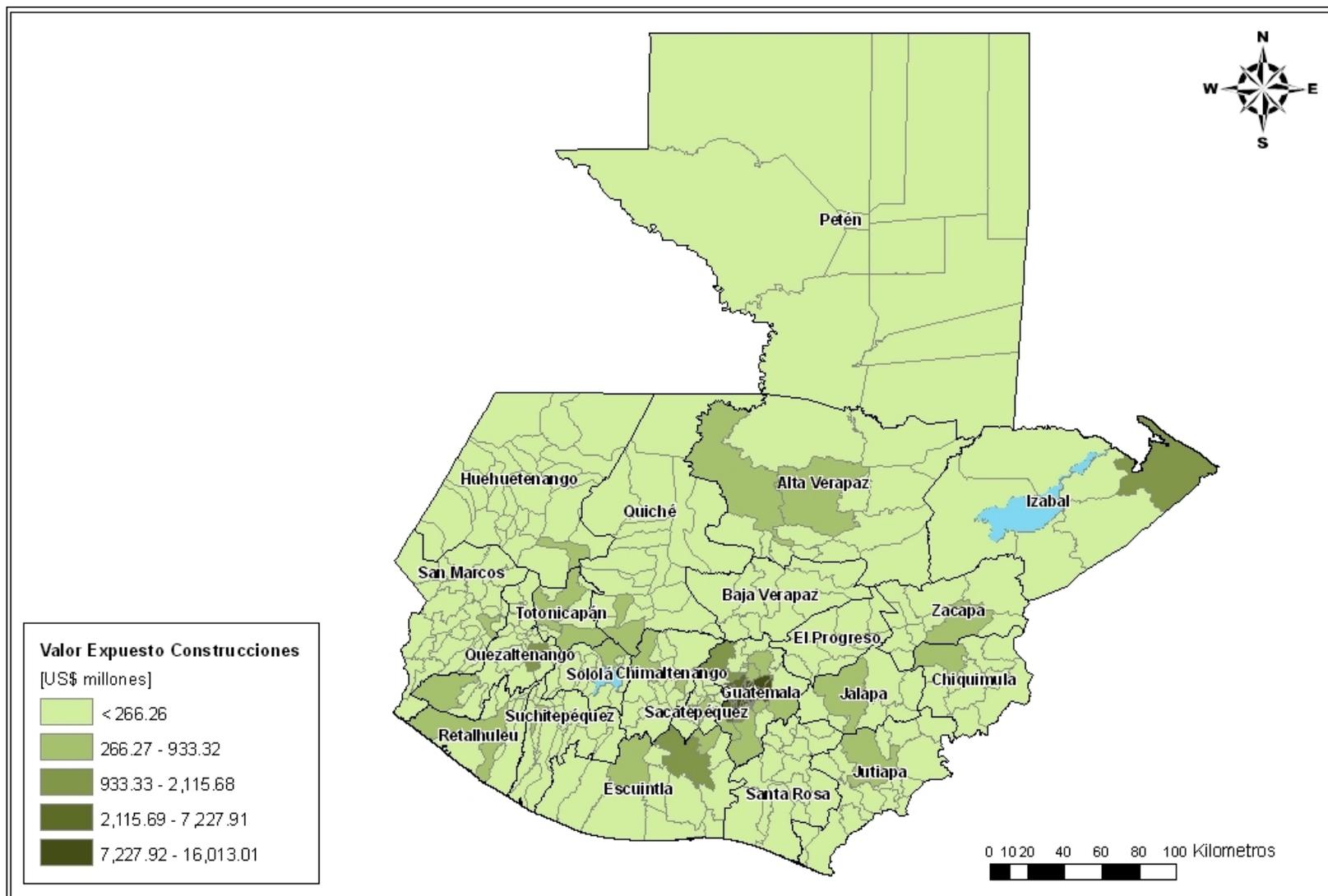


Figura 3-25
Valores expuestos de construcciones por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

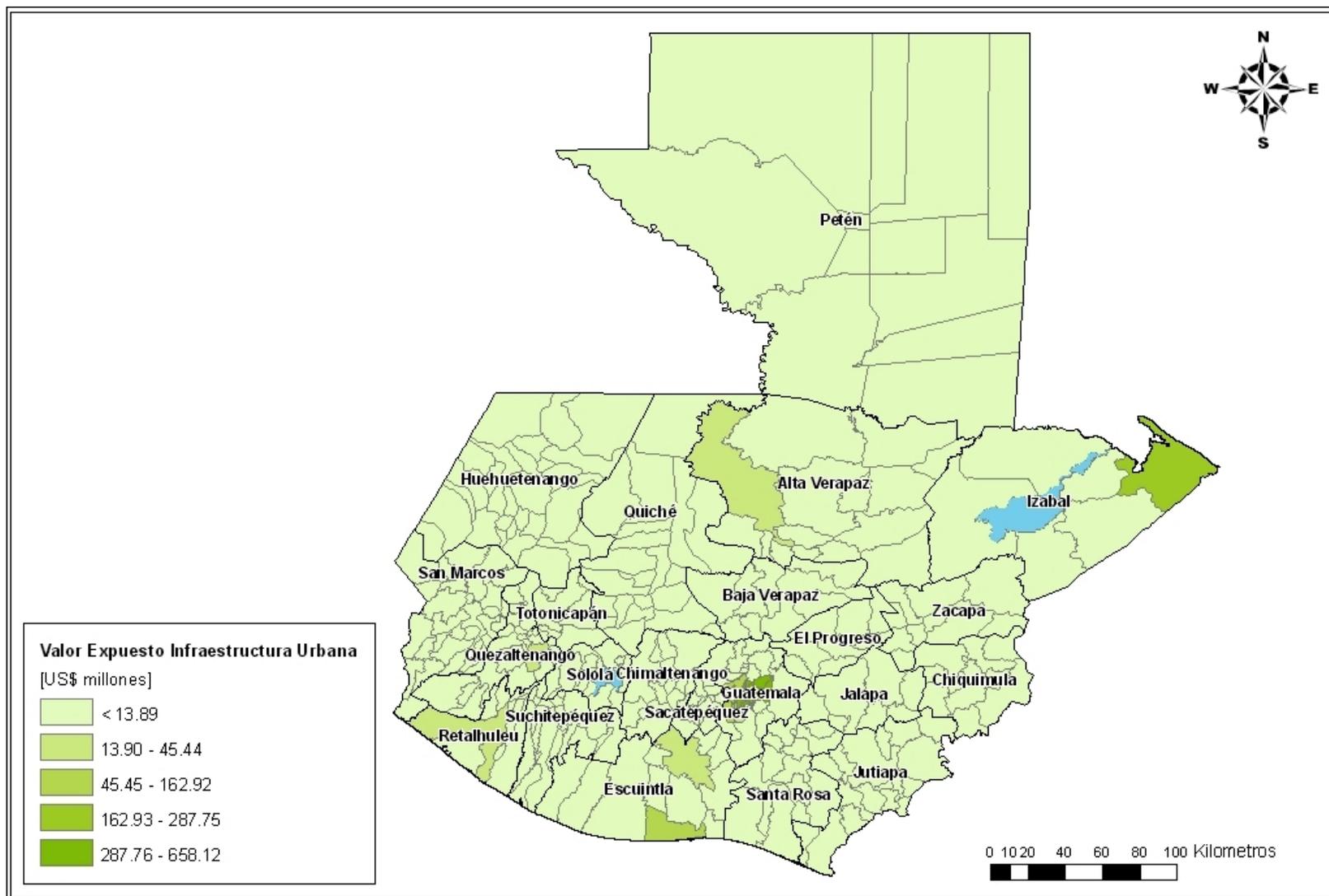


Figura 3-26
Valores expuestos en infraestructura urbana por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

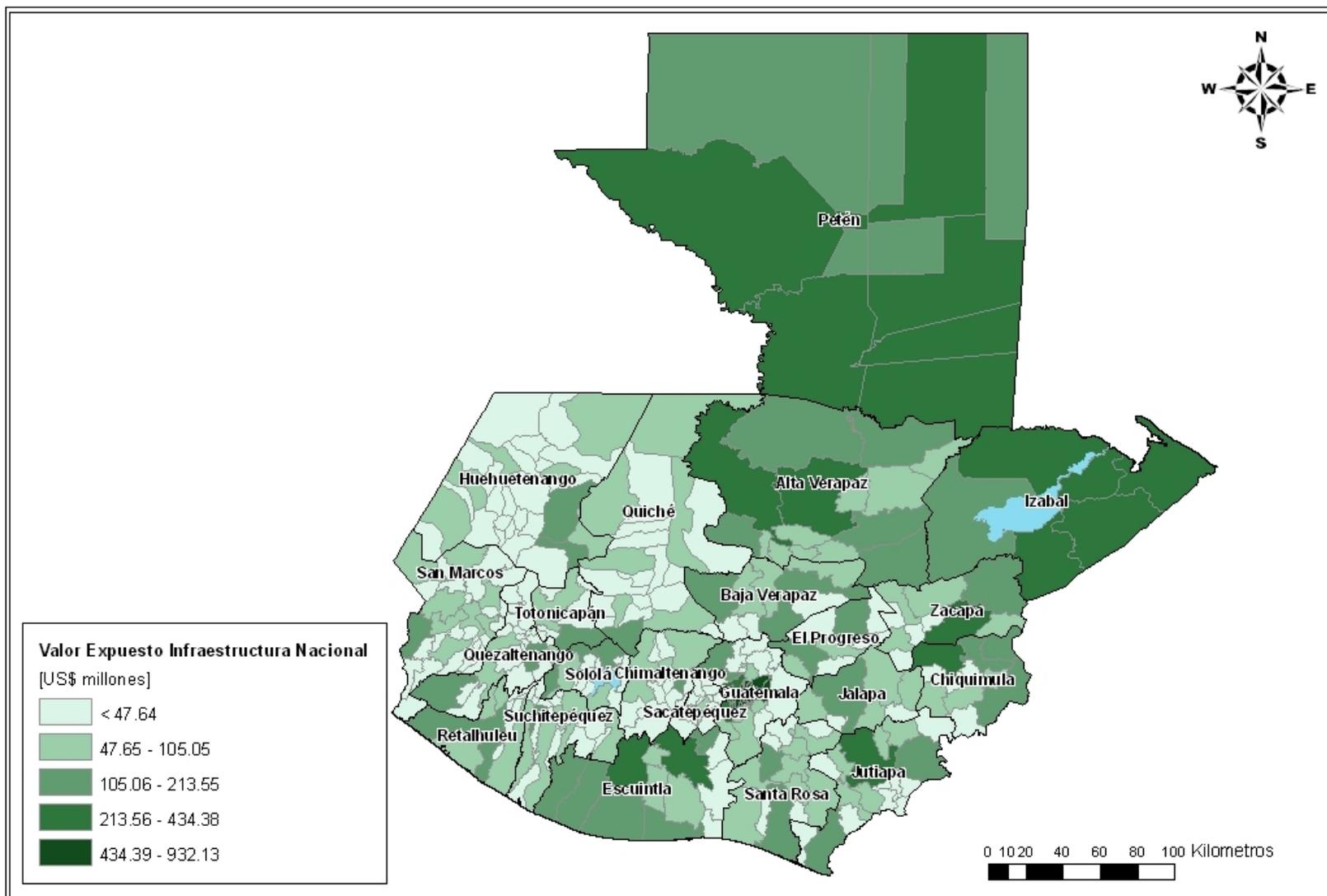


Figura 3-27
Valores expuestos en infraestructura nacional por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

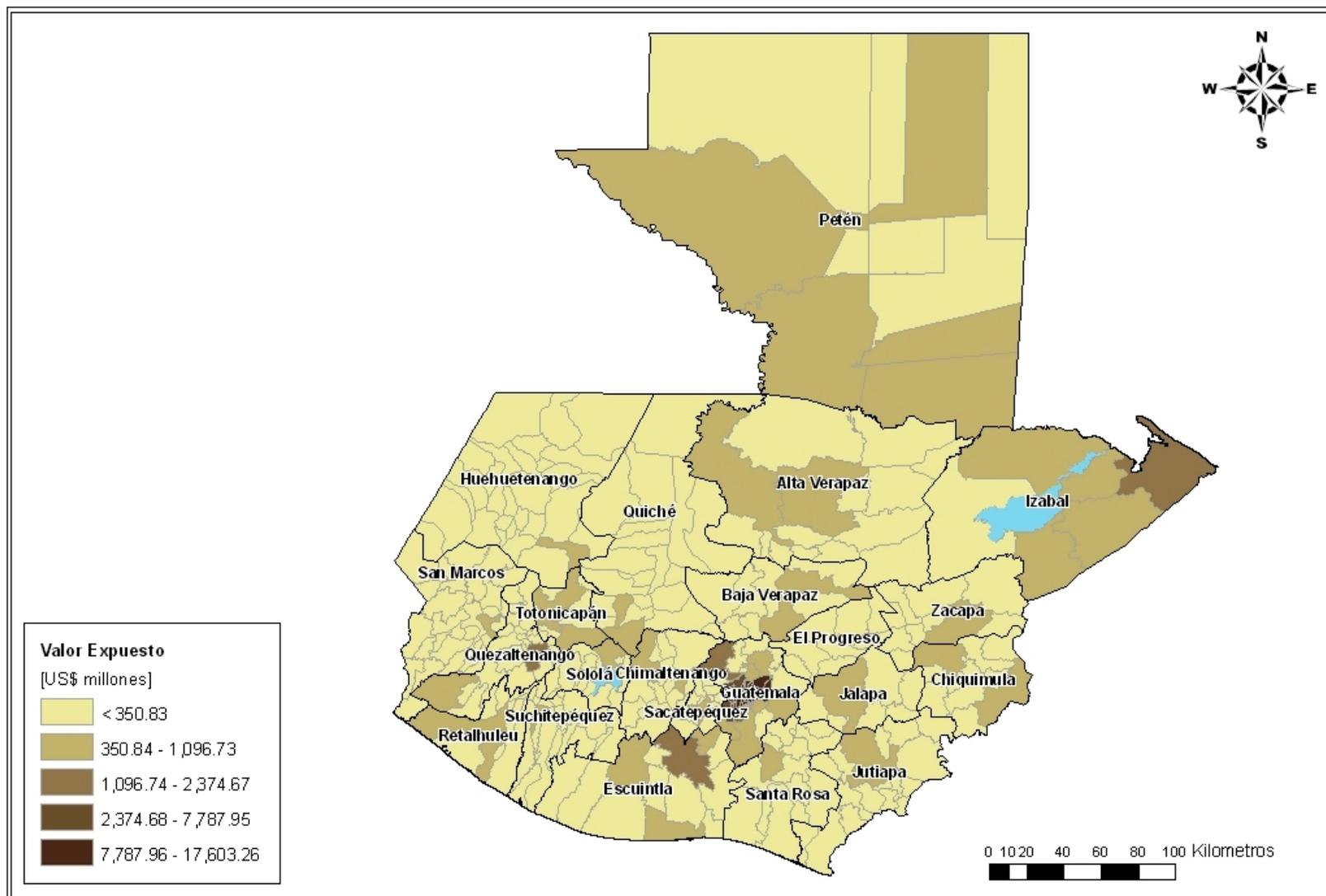


Figura 3-28
Valor expuesto total por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

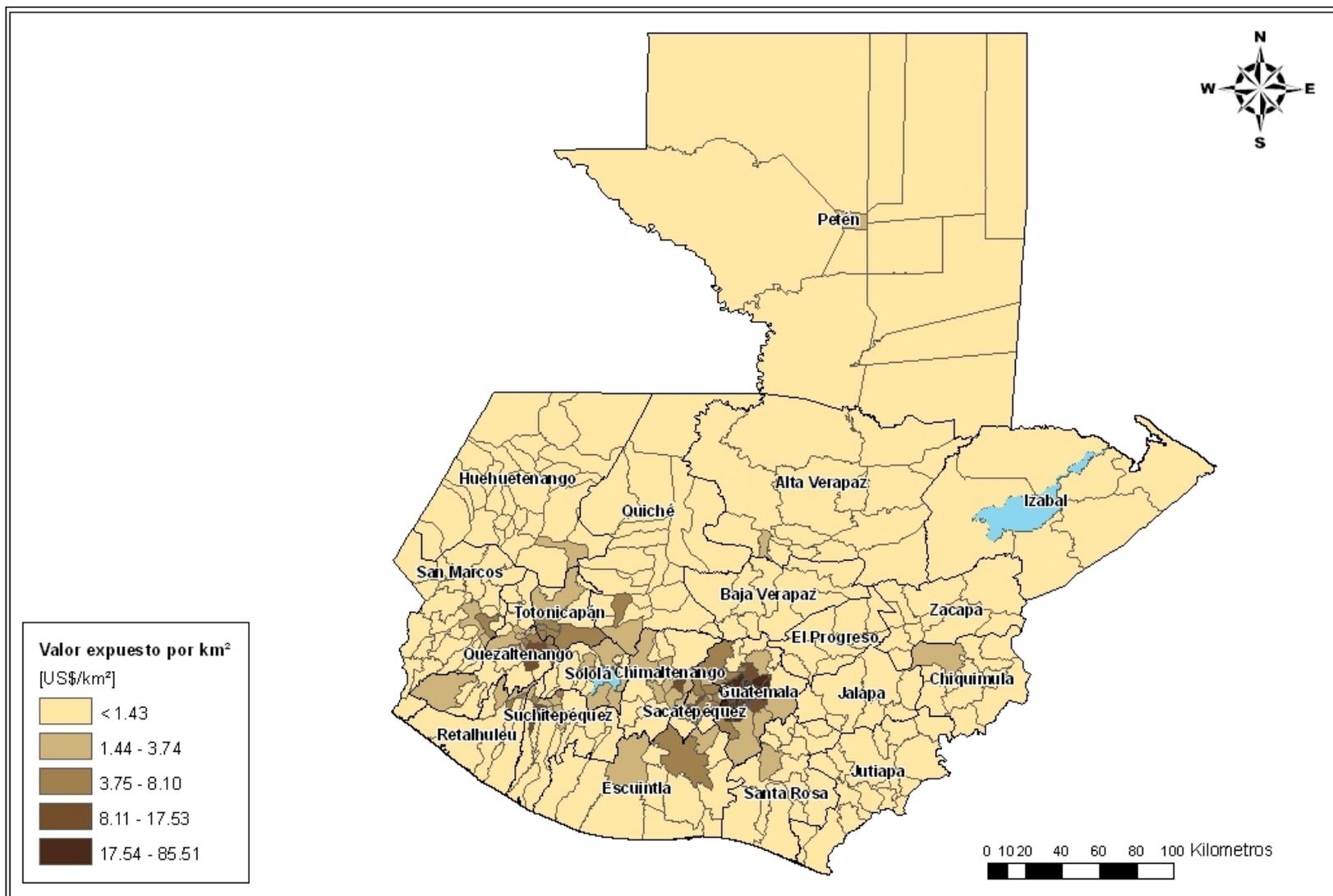


Figura 3-29
Valor expuesto por km² de área por municipio

3. Modelo de exposición aproximado a nivel país

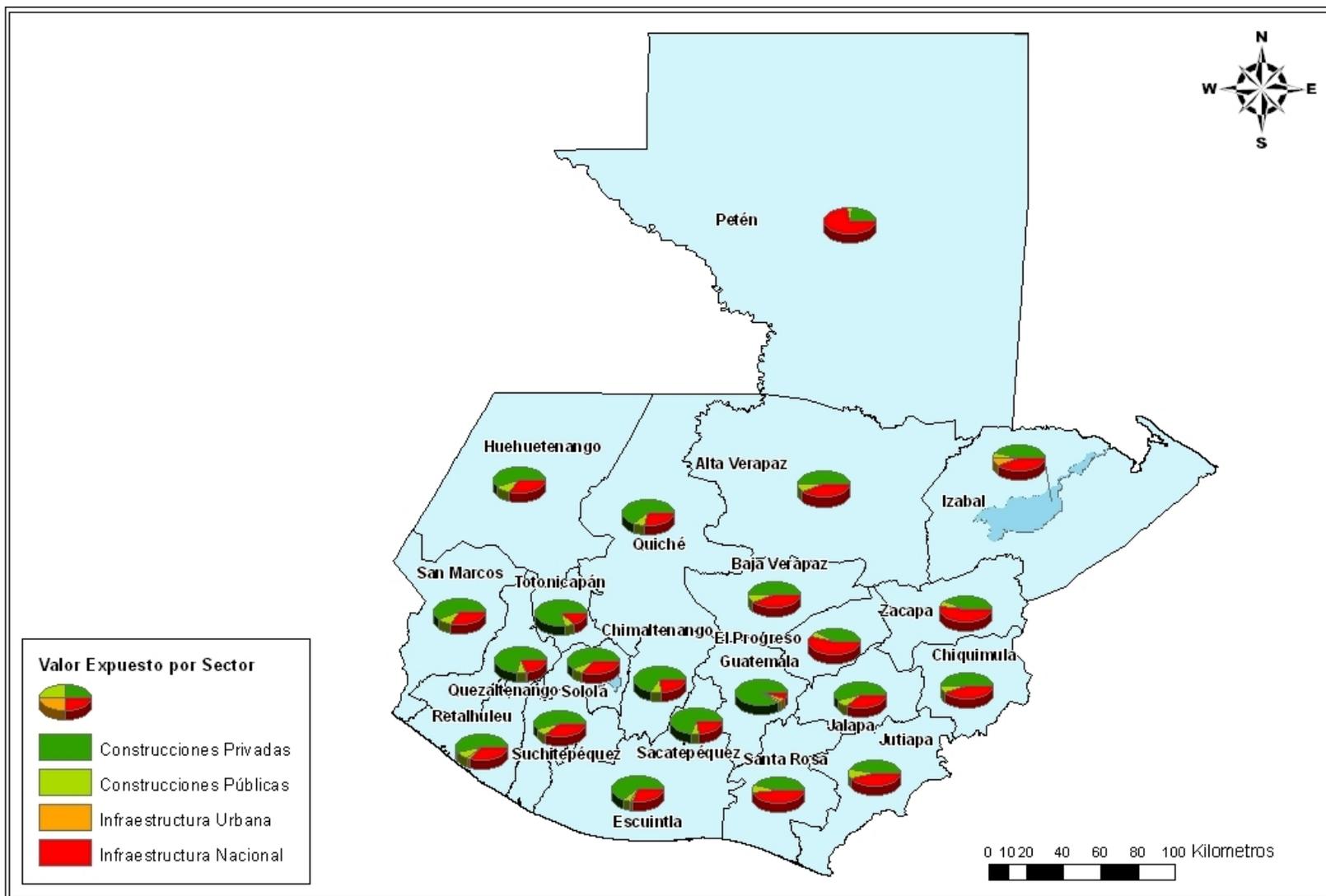


Figura 3-30
Distribución relativa de valores expuestos según sectores por departamentos

4 Modelo de exposición para ciudades y poblaciones

Para la ciudad capital y algunas de las poblaciones más importantes desde el punto de vista de riesgo en el país, se realizó un modelo de exposición de nivel 2. Estos modelos se basan en el levantamiento de información digital mediante implementación de imágenes de satélite y fotografías anexas, complementando dicha información con información estadística de censos de población e información oficial publicada. La información levantada, al igual que cualquier otro modelo de información aproximada, es susceptible de ser mejorada, actualizada y depurada mediante trabajo intenso de campo o mediante la disponibilidad de la información catastral detallada. La calidad y resolución de la información de exposición levantada define la confiabilidad y resolución de los resultados del análisis de riesgo.

A continuación se presenta la información de exposición levantada a nivel de ciudades y poblaciones relevantes. Para Guatemala se levantaron las poblaciones de *Ciudad de Guatemala, Ocós, Puerto Barrios, Santiago de Atitlán, Los Pocitos y Zacapa*

4.1 Modelo de exposición para Ciudad de Guatemala

4.1.1 Levantamiento de la información básica

Para Ciudad de Guatemala no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas y su distribución o actividad económica. Tampoco se cuenta con una base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que resultan de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a conformar la base de datos de exposición de edificaciones, con base en un levantamiento digital a partir de imágenes de satélite, complementado con estadísticas de población, fotografías, indicadores oficiales y conceptos de expertos locales.

La Figura 4-1 presenta una imagen de las zonas homogéneas de la ciudad, digitalizadas utilizando la herramienta web de Zonificación Urbana de CAPRA (disponible en www.ecapra.org/zonhu.php). Dicha herramienta permite identificar, sobre imágenes satelitales de Google Maps, zonas de exposición homogénea, es decir, zonas en donde pueden identificarse condiciones de uso, niveles de ocupación, costo y densidades de construcción similares. Cada zona es luego calificada en términos de porcentajes identificados de tipos constructivos, con relación a lo observado durante el levantamiento.

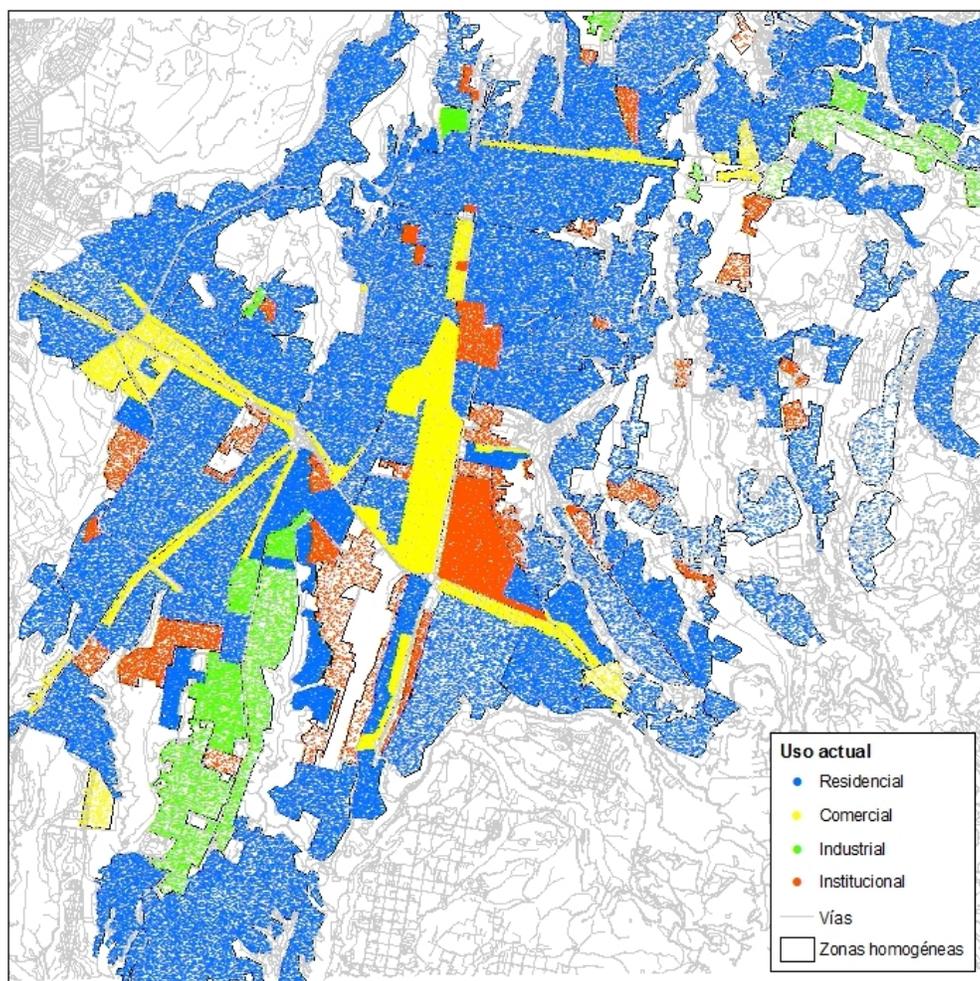


Figura 4-1
Mapa de zonas homogéneas de Ciudad de Guatemala

Estas zonas homogéneas fueron luego discretizadas, para simular los predios de la ciudad. El proceso de discretización consiste en ubicar aleatoriamente puntos dentro de cada zona homogénea, asignando a cada punto un costo y ocupación consistente con los valores identificados en la zona, y un tipo constructivo en función de los porcentajes previamente definidos. El número total de predios ubicados por zona es consistente con la densidad de construcciones identificada en el levantamiento.

4.1.2 Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de Ciudad de Guatemala, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones, tal como se explicó en los numerales anteriores.

La Tabla 4-1 presenta algunos indicadores generales utilizados para generar la base de datos de exposición de edificaciones para esta población.

Tabla 4-1
Indicadores generales de exposición de edificaciones

Indicador	Unidad	Valor
Población total estimada	Hab	987,200
Área total de terreno urbano	km ²	124.17
Densidad de población	Hab/km ²	7,950
No. Total de Edificaciones		173,100
Área de construcción	m ²	86,550 x10 ³
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.70
Valoración total de construcciones	US\$ millones	14,985.20
Valor promedio/m ² construido	US\$/m ²	170

A continuación se presentan algunas estadísticas resultantes del proceso de conformación de la base de exposición de edificaciones. La Tabla 4-2 y la Figura 4-2 y Figura 4-3 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados. La descripción detallada de los sistemas estructurales se encuentra en el informe ERN-CAPRA-T2.2 (Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad, ERN 2009).

Tabla 4-2
Valores expuestos y ocupación por sistemas estructurales

Sistema	Código Sistema	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
Adobe	A	11,582	851.57	73,738
Bahareque	B	3,047	229.43	15,235
Muros en madera	W	4,256	279.75	36,940
Mampostería simple	MS	3,620	234.28	32,065
Concreto prefabricado	CP	18,194	1,553.01	99,522
Mampostería confinada	MC	51,168	4,392.11	235,486
Mampostería reforzada	MR	61,153	4,937.94	434,284
Pórticos en acero	PAR	5,674	1,078.85	12,968
Pórticos en concreto	PCR	14,406	1,428.26	46,962
Total		173,100	14,985.20	987,200

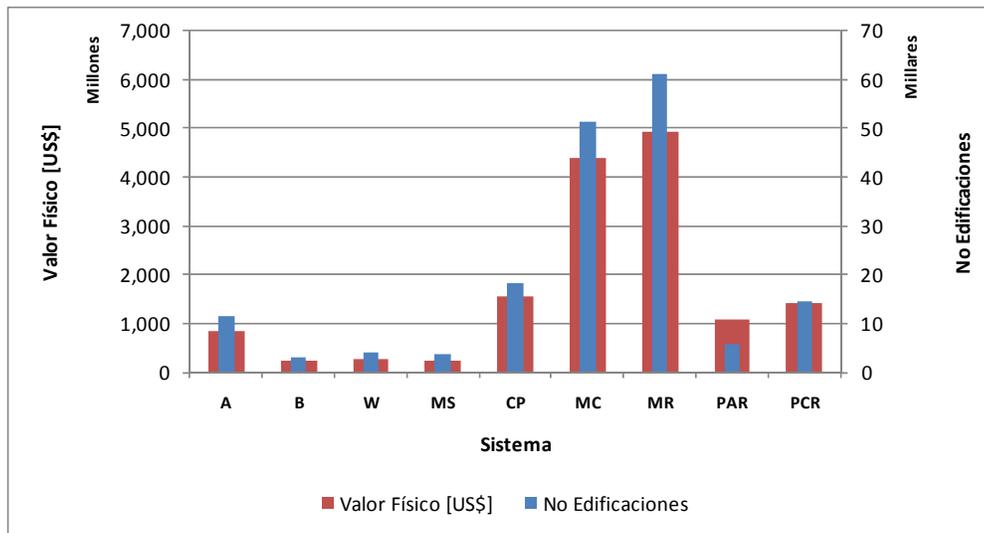


Figura 4-2

Distribución de valores expuestos y edificaciones por sistemas estructurales

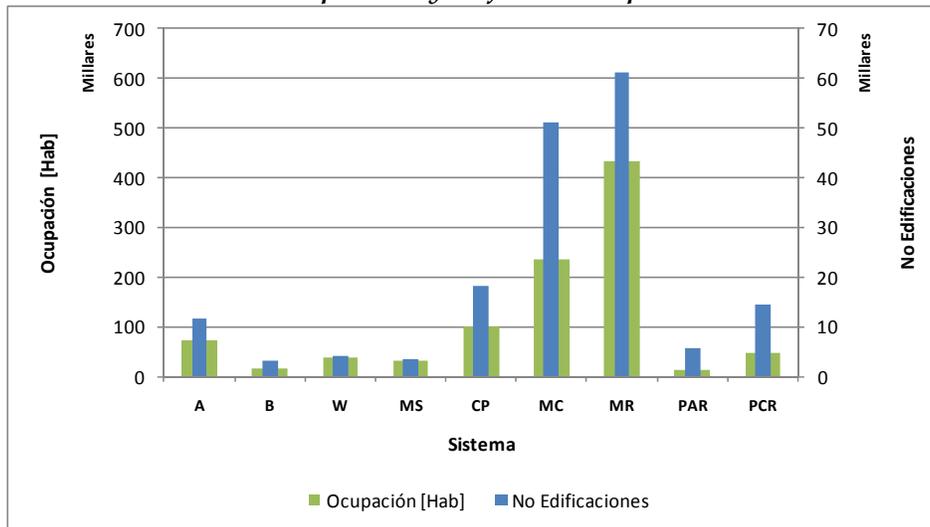


Figura 4-3

Distribución de ocupación y edificaciones por sistemas estructurales

Por otra parte, la Tabla 4-3 y la Figura 4-4 y Figura 4-5 muestran la distribución de valores expuestos y ocupación, en función del número de pisos de las edificaciones incluidas.

Tabla 4-3

Valores expuestos y ocupación por número de pisos

No Pisos	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
1	24,905	1,993.58	305,634
2	110,170	8,600.51	563,343
3	25,074	3,001.11	81,533
4	12,951	1,390.00	36,690
Total	173,100	14,985,20	987,200

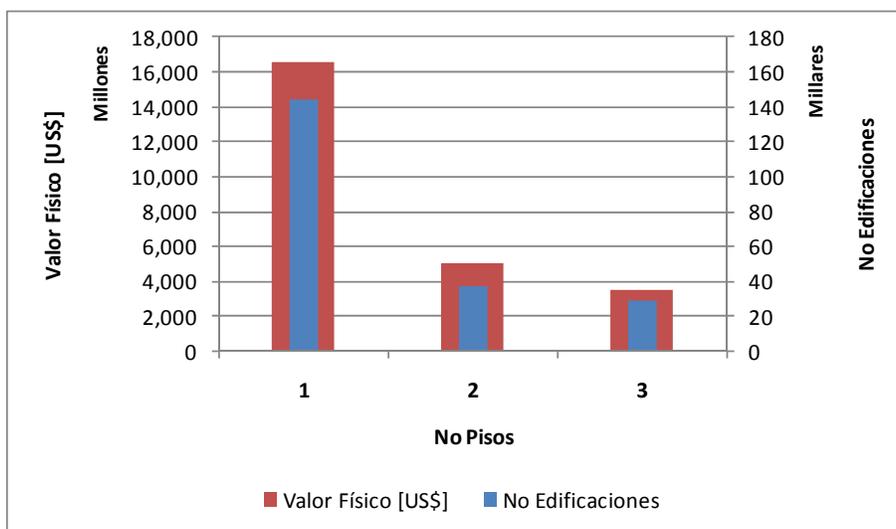


Figura 4-4

Distribución de valores expuestos y edificaciones por número de pisos

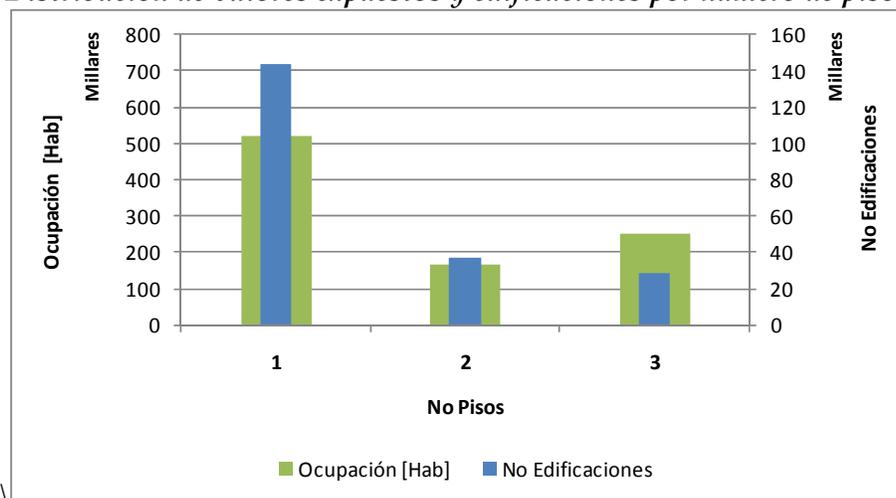


Figura 4-5

Distribución de ocupación y edificaciones por número de pisos

4.2 Modelo de exposición para Ocós

4.2.1 Levantamiento de la información básica

Para el municipio de Ocós no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas, su distribución o actividad económica. Tampoco se cuenta con una base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que resultan de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a conformar la base de datos de exposición de edificaciones, con base en un levantamiento digital a partir de imágenes de satélite, complementado con estadísticas de población, fotografías, indicadores oficiales y conceptos de expertos locales.

La Figura 4-6 presenta una imagen de los predios digitalizados utilizando la herramienta web de levantamiento de elementos prediales tipo polígono de CAPRA (disponible en <http://www.ecapra.org/exposure.php>) para el municipio de Ocos.



Figura 4-6
Mapa de predios de Ocos
(Imagen generada con Google Earth)

4.2.2 Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición del municipio de Ocos, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones, tal como se explicó en los numerales anteriores.

La Tabla 4-4 presenta algunos indicadores generales utilizados para generar la base de datos de exposición de edificaciones para esta población.

Tabla 4-4
Indicadores generales de exposición de edificaciones

Indicador	Unidad	Valor
Población total estimada	Hab	7,120
Área total de terreno urbano	km ²	1.30
Densidad de población	Hab/km ²	5,480
No. total de Edificaciones		930
Área de construcción	m ²	104 x10 ³
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.18
Valoración total de construcciones	US\$ millones	20
Valor promedio/m ² construido	US\$/m ²	200

A continuación se presentan algunas estadísticas resultantes del proceso de conformación de la base de exposición de edificaciones. La Tabla 4-5, la Figura 4-7 y la Figura 4-8 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados. La descripción detallada de los sistemas estructurales se encuentra en el informe ERN-CAPRA-T2.2 (Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad, ERN 2009).

Tabla 4-5
Valores expuestos y ocupación por sistemas estructurales

Sistema	Código Sistema	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
Mampostería confinada	MC-FLSB-2	150	3.50	1,145
Mampostería simple	MS-SLSB-1	105	2.25	868
Pórticos en concreto	PCR-SLSB-1	105	1.71	657
Madera	W-SLFB-1	570	12.60	4,450
Total		930	20.06	7,120

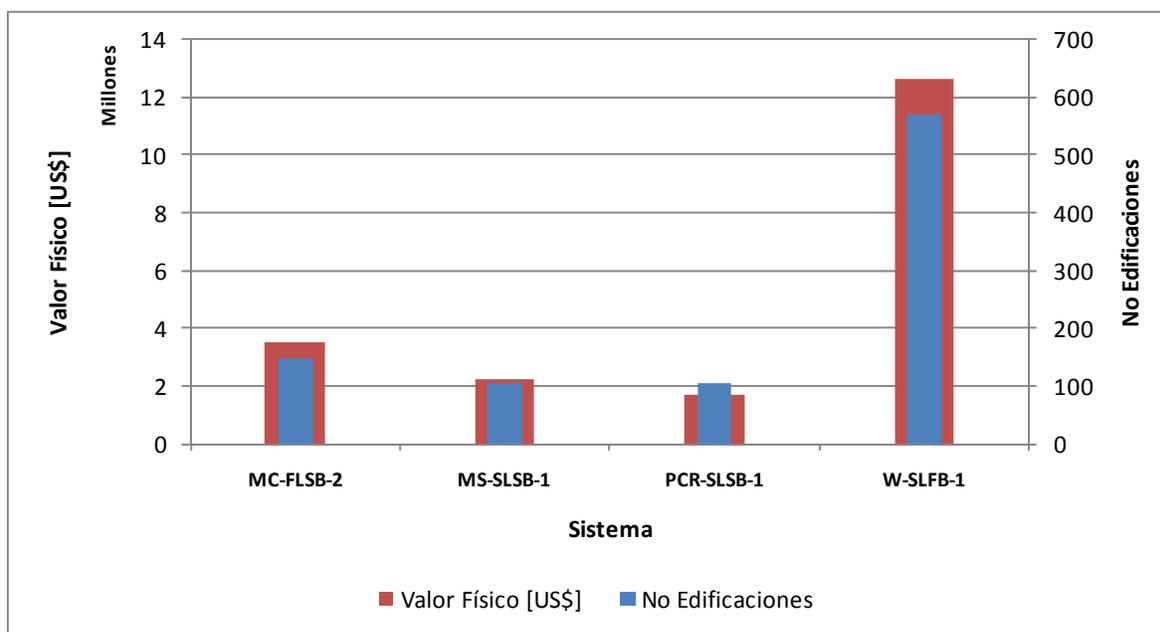


Figura 4-7

Distribución de valores expuestos y número de edificaciones por sistemas estructurales

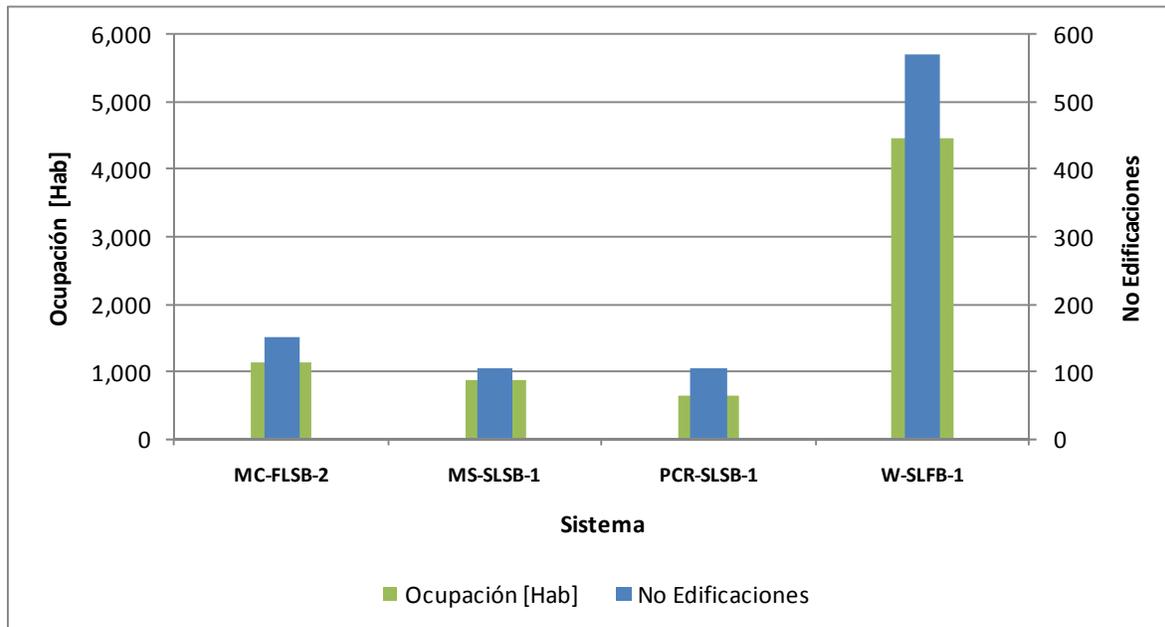


Figura 4-8

Distribución de ocupación y número de edificaciones por sistemas estructurales

Por otra parte, la Tabla 4-6, la Figura 4-9 y la Figura 4-10 muestran la distribución de valores expuestos y ocupación, en función del número de pisos de las edificaciones incluidas.

Tabla 4-6

Valores expuestos y ocupación por número de pisos

No Pisos	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
1	918	18.32	6,696
2	12	1.74	424
Total	930	20.06	7,120

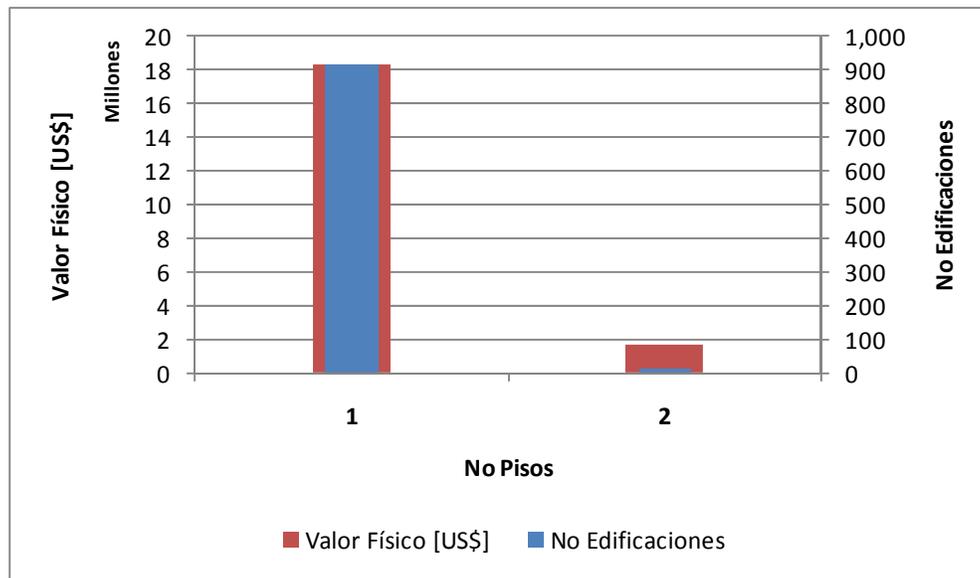


Figura 4-9

Distribución de valores expuestos y número de edificaciones por número de pisos

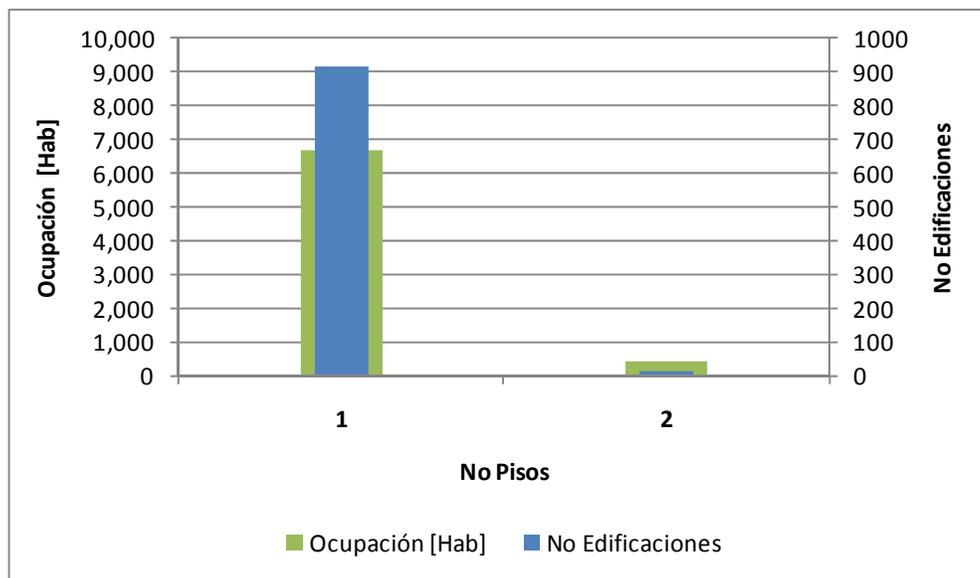


Figura 4-10

Distribución de ocupación y número de edificaciones por número de pisos

4.3 Modelo de exposición para Puerto Barrios

4.3.1 Levantamiento de la información básica

Para el municipio de Puerto Barrios no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas, su distribución o actividad económica. Tampoco se cuenta con una base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que resultan de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a conformar la base de datos de exposición de edificaciones con base en un levantamiento digital a partir de imágenes de satélite, complementado con estadísticas de población, fotografías, indicadores oficiales y conceptos de expertos locales.

La Figura 4-11 presenta una imagen de los predios digitalizados utilizando la herramienta web de levantamiento de elementos prediales tipo polígono de CAPRA (disponible en <http://www.ecapra.org/exposure.php>) para el municipio de Puerto Barrios.

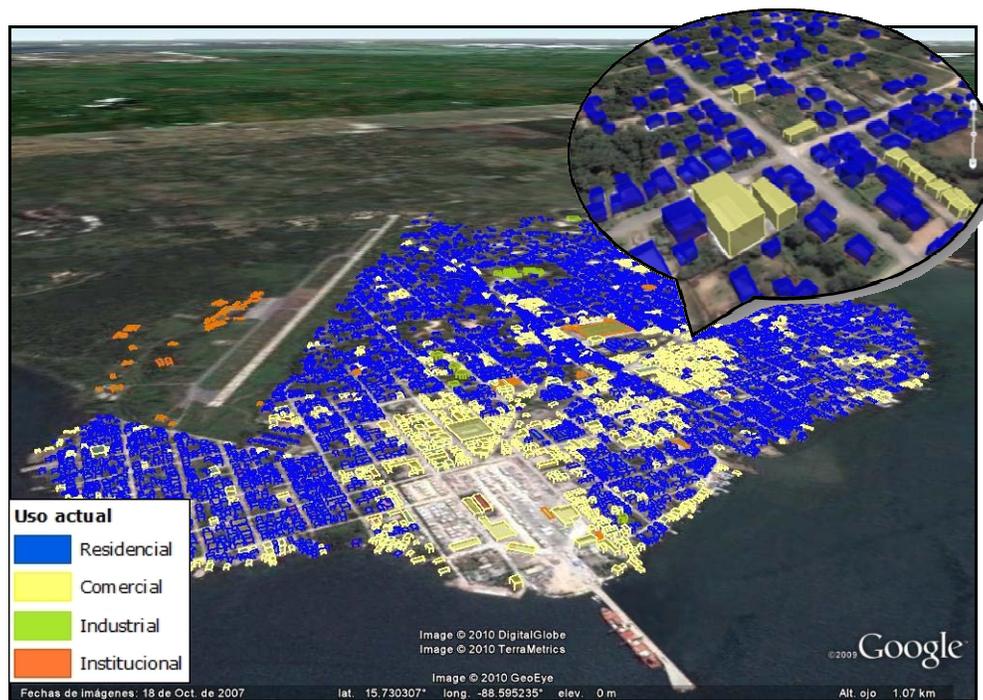


Figura 4-11
Mapa de predios de Puerto Barrios
(Imagen generada con Google Earth)

4.3.2 Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición del municipio de Puerto Barrios, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones, tal como se explicó en los numerales anteriores.

La Tabla 4-7 presenta algunos indicadores generales utilizados para generar la base de datos de exposición de edificaciones para esta población.

Tabla 4-7
Indicadores Generales de Exposición de Edificaciones

Indicador	Unidad	Valor
Población total estimada	Hab	55,340
Área total de terreno urbano	km ²	8.38
Densidad de población	Hab/km ²	6,603
No. total de Edificaciones		8,077
Área de construcción	m ²	1545 x10 ³
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.18
Valoración total de construcciones	US\$ millones	617
Valor promedio/m ² construido	US\$/m ²	400

A continuación se presentan algunas estadísticas resultantes del proceso de conformación de la base de exposición de edificaciones. La Tabla 4-8, la Figura 4-12 y la Figura 4-13 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados. La descripción detallada de los sistemas estructurales se encuentra en el informe ERN-CAPRA-T2.2 (Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad, ERN 2010).

Tabla 4-8
Valores expuestos y ocupación por sistemas estructurales

Sistema	Código	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
Mampostería Simple 2 pisos	MS-FLSB-2	485	80.10	4,339
Mampostería Simple 1 piso	MS-SLSB-1	1,169	61.19	8,108
Concreto	PCR-RLSB-2	118	45.18	1,270
Madera 2 pisos	W-FLFB-2	2,181	183.97	14,785
Madera 1 piso	W-SLFB-1	4,124	247.20	26,838
Total		8,077	617.63	55,340

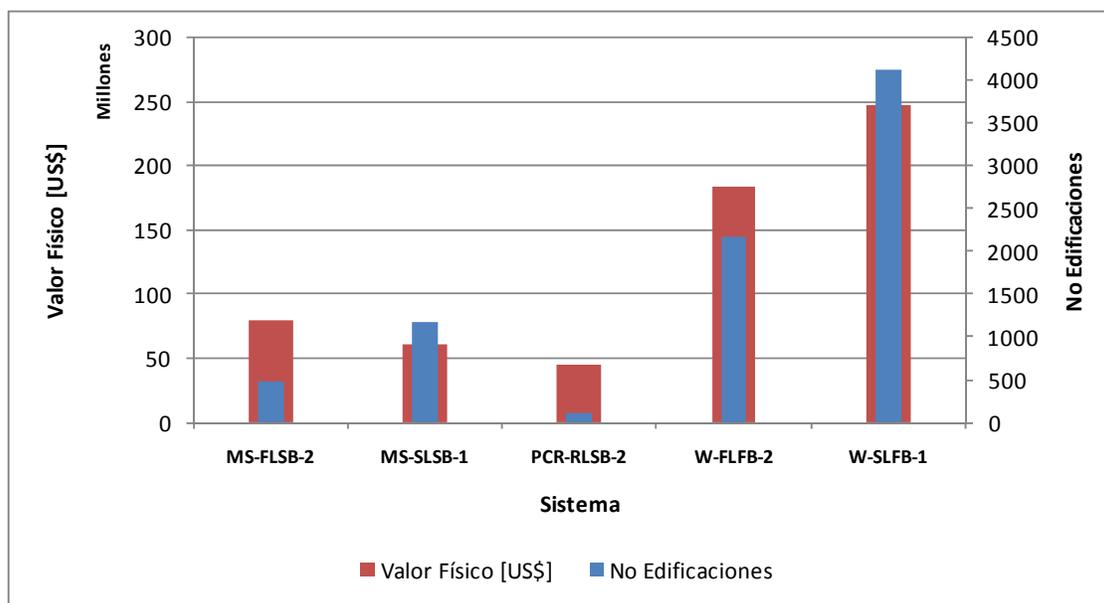


Figura 4-12

Distribución de valores expuestos y número de edificaciones por sistemas estructurales

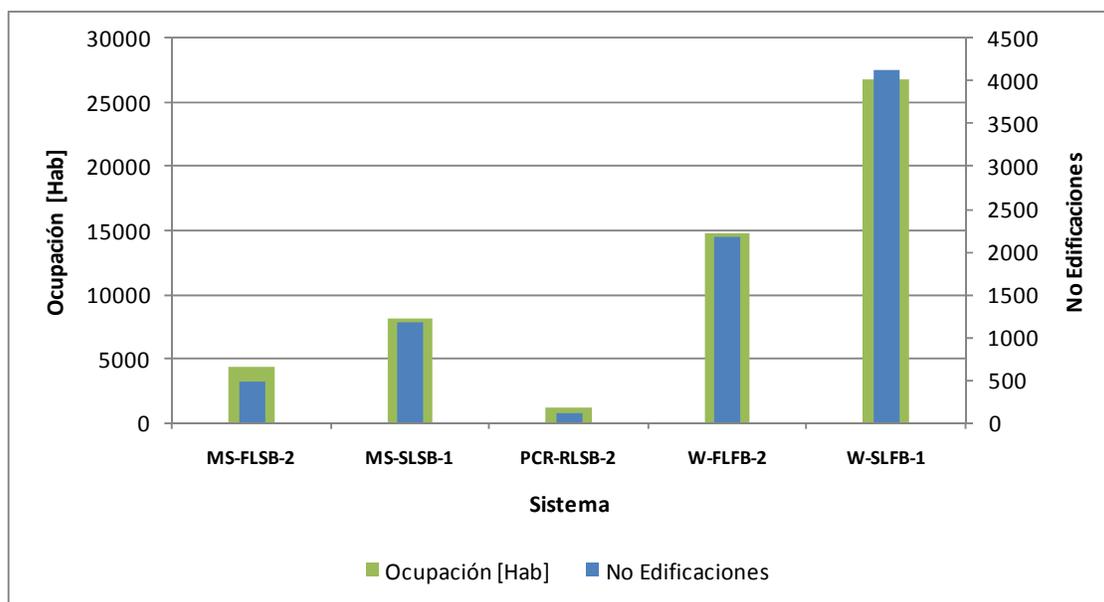


Figura 4-13

Distribución de ocupación y número de edificaciones por sistemas estructurales

Por otra parte, la Tabla 4-9, la Figura 4-14 y Figura 4-15 muestran la distribución de valores expuestos y ocupación, en función del número de pisos de las edificaciones incluidas.

Tabla 4-9
Valores expuestos y ocupación por número de pisos

No Pisos	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
1	6,680	313.41	33,339
2	1,362	273.63	20,969
3	32	28.36	901
4	1	1.45	50
5	2	780.85	81
Total	8,077	617.63	55,340

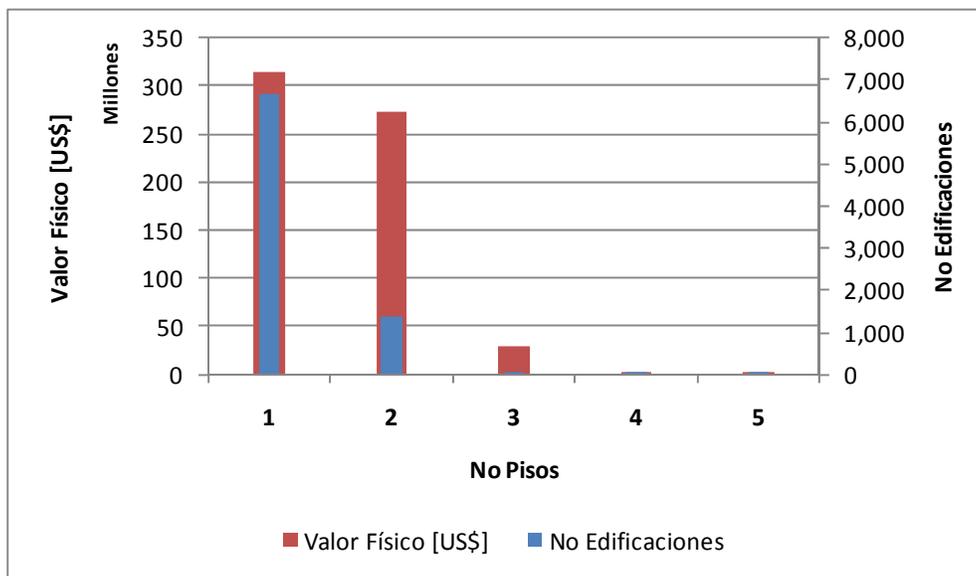


Figura 4-14

Distribución de valores expuestos y número de edificaciones por número de pisos

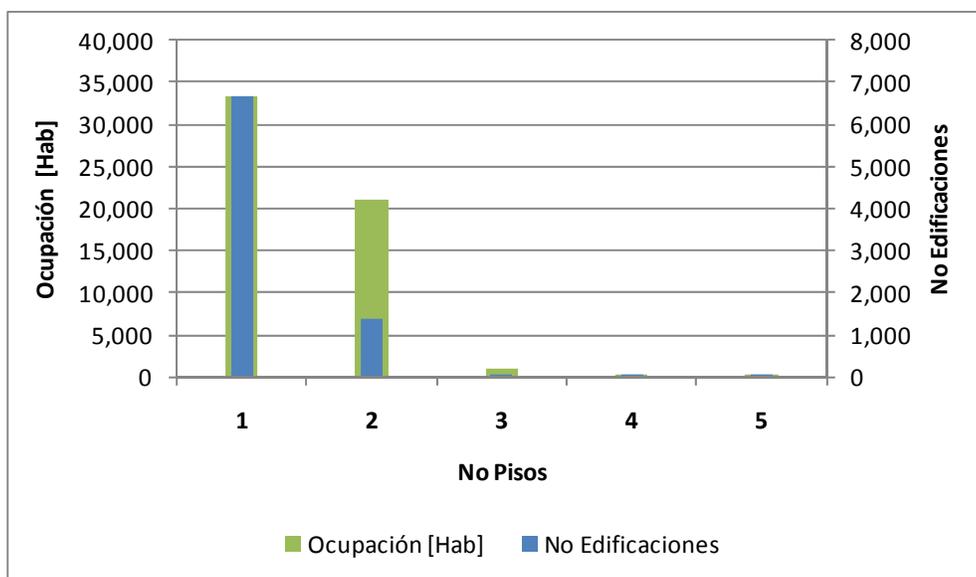


Figura 4-15

Distribución de ocupación y número de edificaciones por número de pisos

4.4 Modelo de exposición para Santiago de Atitlán

4.4.1 Levantamiento de la información básica

Para el municipio de Santiago Atitlán no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas y su distribución o actividad económica. Tampoco se cuenta con una base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que resultan de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a conformar la base de datos de exposición de edificaciones, con base en un levantamiento digital a partir de imágenes de satélite, complementado con estadísticas de población, fotografías, indicadores oficiales y conceptos de expertos locales.

La Figura 4-16 presenta una imagen de las manzanas homogéneas de la ciudad, digitalizadas utilizando la herramienta web de zonificación urbana, por manzanas homogéneas, de CAPRA (disponible en www.ecapra.org/zonhu.php). Dicha herramienta permite identificar, sobre imágenes satelitales de Google Maps, manzanas de exposición homogénea, es decir, manzanas en donde pueden identificarse condiciones de uso, niveles de ocupación, costo y densidades de construcción similares. Cada manzana es luego calificada en términos de porcentajes identificados de tipos constructivos, con relación a lo observado durante el levantamiento.

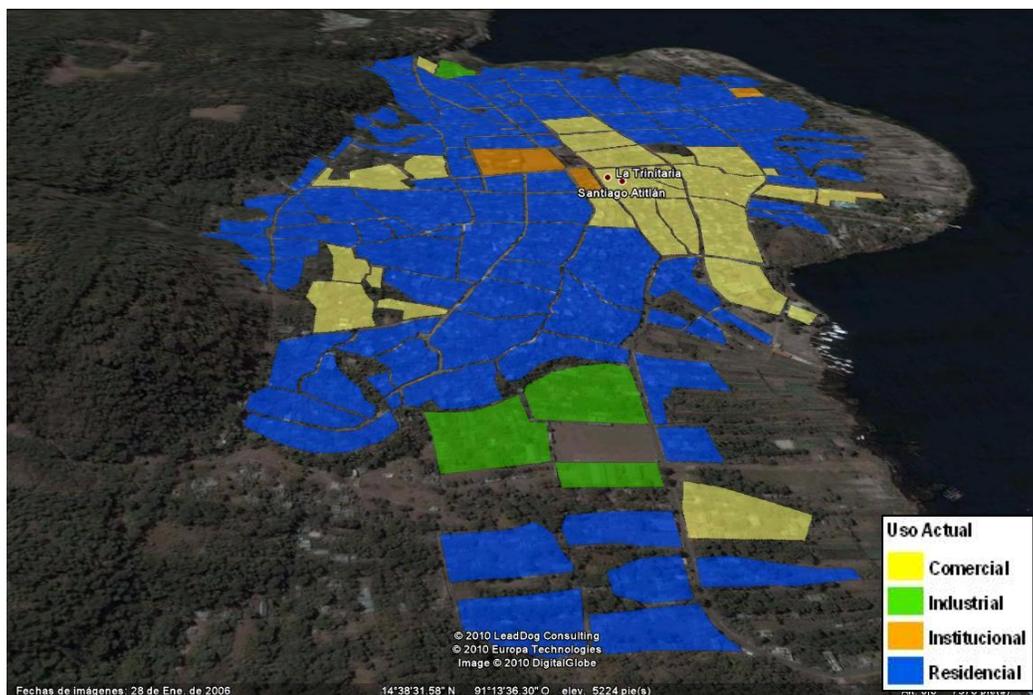


Figura 4-16
Mapa de manzanas homogéneas del municipio de Santiago Atitlán
(Imagen generada con Google Earth)

Estas manzanas homogéneas fueron luego discretizadas, para simular los predios del municipio. El proceso de discretización consiste en ubicar aleatoriamente puntos dentro de cada manzana homogénea, asignando a cada punto un costo y ocupación consistente con los valores identificados en la manzana, y un tipo constructivo en función de los porcentajes previamente definidos. El número total de predios ubicados por manzana es consistente con la densidad de construcciones identificada en el levantamiento.

4.4.2 Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición del municipio de Izalco, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones, tal como se explicó en los numerales anteriores.

La Tabla 4-10 presenta algunos indicadores generales utilizados para generar la base de datos de exposición de edificaciones para esta población.

Tabla 4-10
Indicadores Generales de Exposición de Edificaciones

Indicador	Unidad	Valor
Población total estimada	Hab	19,490
Área total de terreno urbano	km ²	1.25
Densidad de población	Hab/km ²	15,575
No. total de Edificaciones		2,200
Área de construcción	m ²	440 x10 ³
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.35
Valoración total de construcciones	US\$ millones	120
Valor promedio/m ² construido	US\$/m ²	273.53

A continuación se presentan algunas estadísticas resultantes del proceso de conformación de la base de exposición de edificaciones. La Tabla 4-11 y la Figura 4-17 y Figura 4-18 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados. La descripción detallada de los sistemas estructurales se encuentra en el informe ERN-CAPRA-T2.2 (Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad, ERN 2010).

Tabla 4-11
Valores expuestos y ocupación por sistemas estructurales

Sistema	Código Sistema	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
Ripio	R	40	1.58	423
Adobe	A	244	15.37	2,092
Muros en madera	W	382	16.71	3,963
Mampostería Simple	MS	804	42.47	7,521
Mampostería confinada	MC	697	41.58	5,125
Pórticos en concreto RM	PCR	33	2.51	366
Total		2,200	120.23	19,490

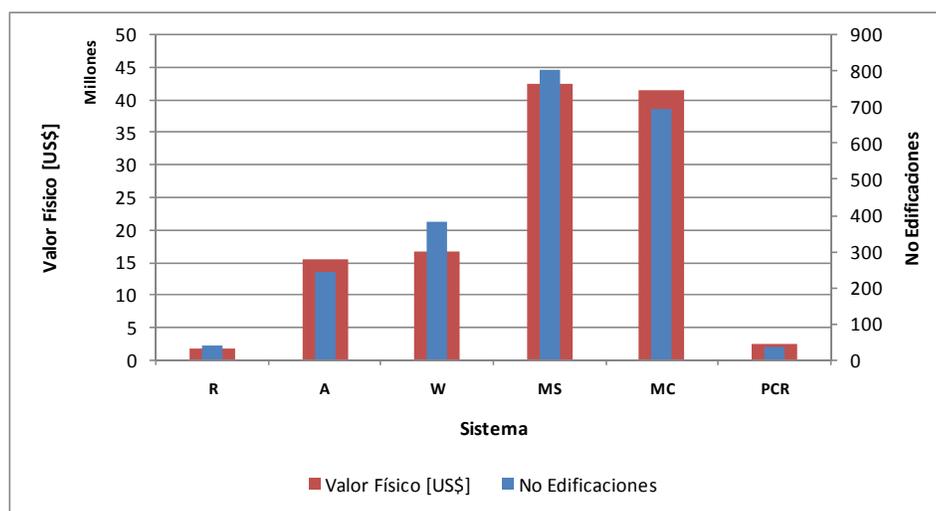


Figura 4-17
Distribución de valores expuestos y edificaciones por sistemas estructurales

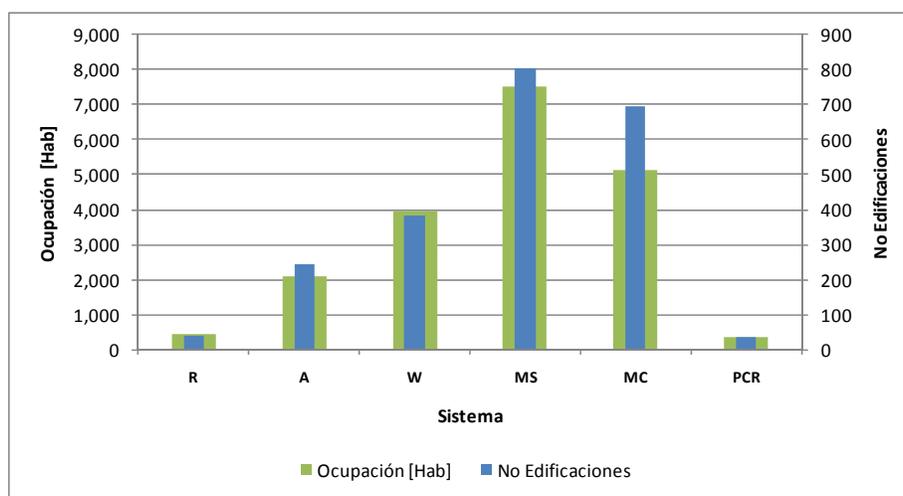


Figura 4-18
Distribución de ocupación y edificaciones por sistemas estructurales

Por otra parte, la Tabla 4-12 y la Figura 4-19 y Figura 4-20 muestran la distribución de valores expuestos y ocupación, en función del número de pisos de las edificaciones incluidas.

Tabla 4-12
Valores expuestos y ocupación por número de pisos

No Pisos	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
1	2,200	120.23	19,490
Total	2,200	120.23	19,490

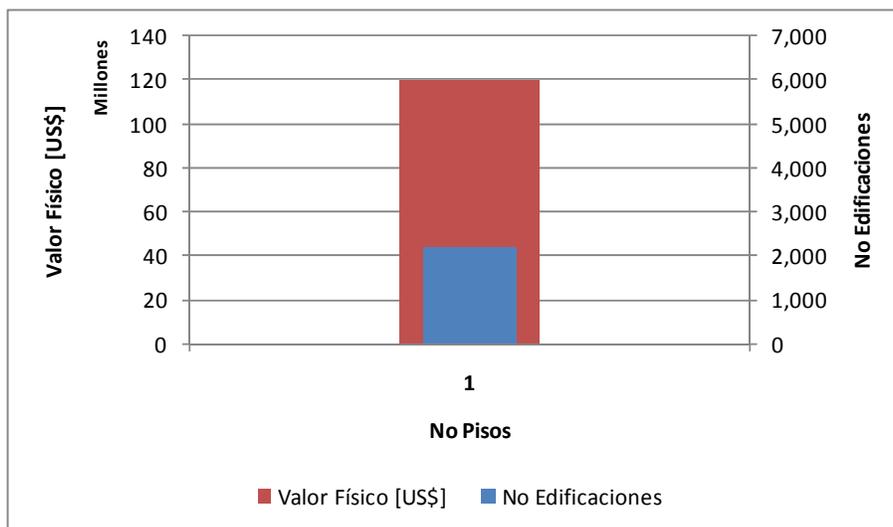


Figura 4-19

Distribución de valores expuestos y número de edificaciones por número de pisos

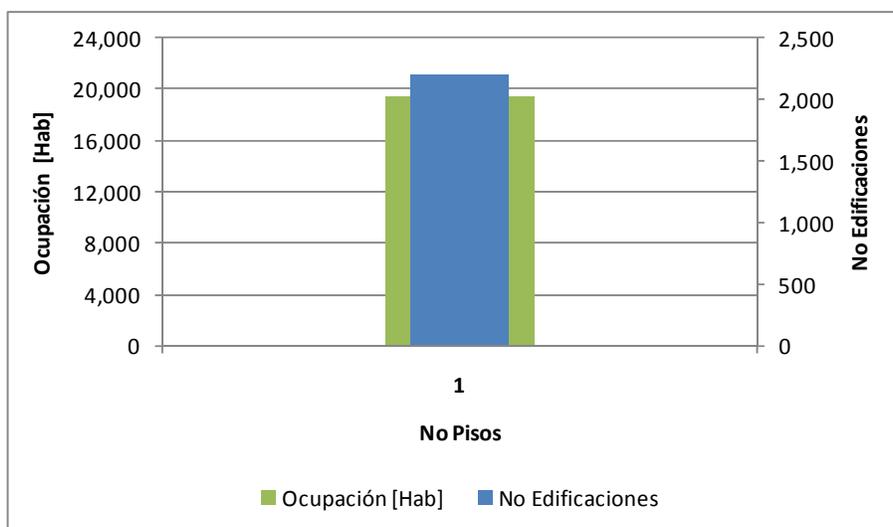


Figura 4-20

Distribución de ocupación y número de edificaciones por número de pisos

4.5 Modelo de exposición para Los Pocitos

4.5.1 Levantamiento de la información básica

Para la población de Los Pocitos no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas, su distribución o actividad económica. Tampoco se cuenta con una base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que resultan de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a conformar la base de datos de exposición de edificaciones con base en un levantamiento digital a partir de imágenes de satélite, complementado con estadísticas de población, fotografías, indicadores oficiales y conceptos de expertos locales.

La Figura 4-21 presenta una imagen de los predios digitalizados utilizando la herramienta web de levantamiento de elementos prediales tipo polígono de CAPRA (disponible en <http://www.ecapra.org/exposure.php>) para Los Pocitos.

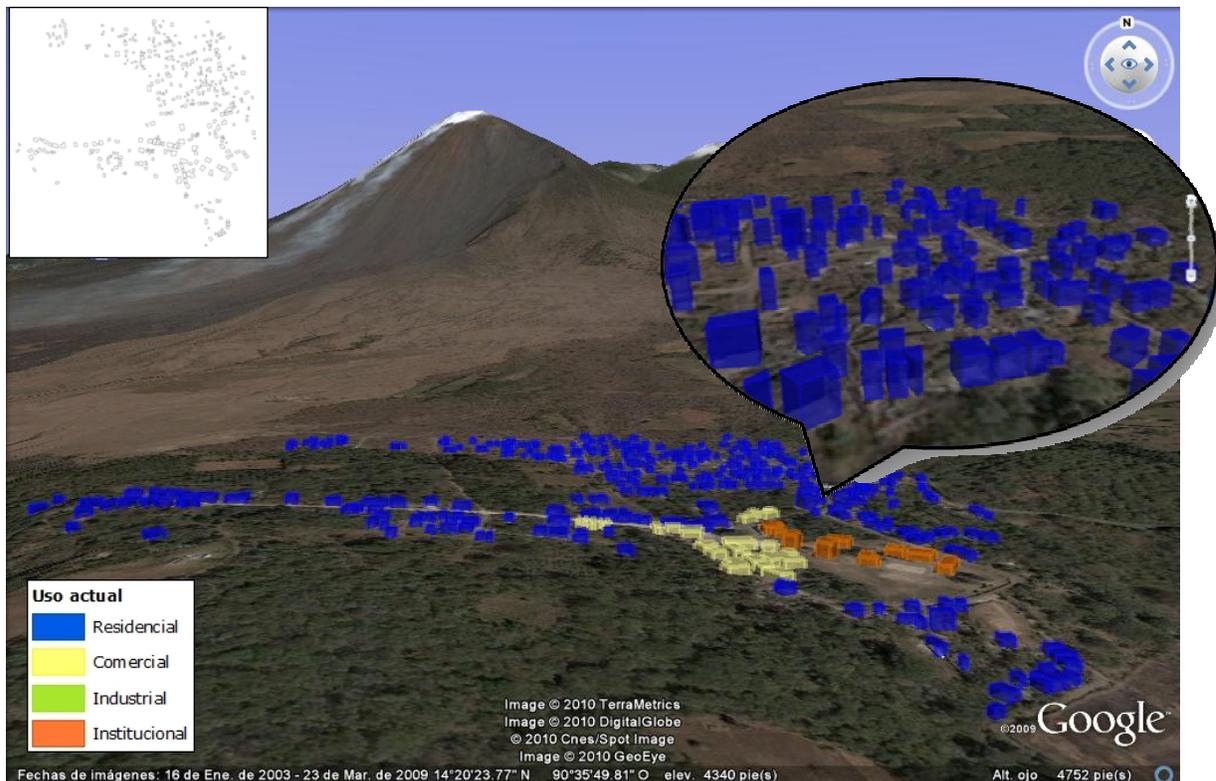


Figura 4-21
Mapa de predios de Los Pocitos
(Imagen generada con Google Earth. Recuadro: proyección plana)

4.5.2 Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de Los Pocitos, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones, tal como se explicó en los numerales anteriores.

La Tabla 4-13 presenta algunos indicadores generales utilizados para generar la base de datos de exposición de edificaciones para esta población.

Tabla 4-13
Indicadores Generales de Exposición de Edificaciones

Indicador	Unidad	Valor
Población total estimada	Hab	1,239
Área total de terreno urbano	km ²	0.17
Densidad de población	Hab/km ²	7,213
No. total de Edificaciones		378
Área de construcción	m ²	21 x10 ³
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.12
Valoración total de construcciones	US\$ millones	2.93
Valor promedio/m ² construido	US\$/m ²	138

A continuación se presentan algunas estadísticas resultantes del proceso de conformación de la base de exposición de edificaciones. La Tabla 4-14 y la Figura 4-22 y Figura 4-23 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados. La descripción detallada de los sistemas estructurales se encuentra en el informe ERN-CAPRA-T2.2 (Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad, ERN 2010).

Tabla 4-14
Valores expuestos y ocupación por sistemas estructurales

Sistema	Código Sistema	No Edificaciones	Valor Físico [US\$]	Ocupación [Hab]
Mampostería simple - cubierta liviana	MS-SLSB-1	145	1,151,131	476
Mampostería simple - cubierta pesada	MS-SPSB-1	233	1,778,350	763
Total		378	2,929,481	1,239

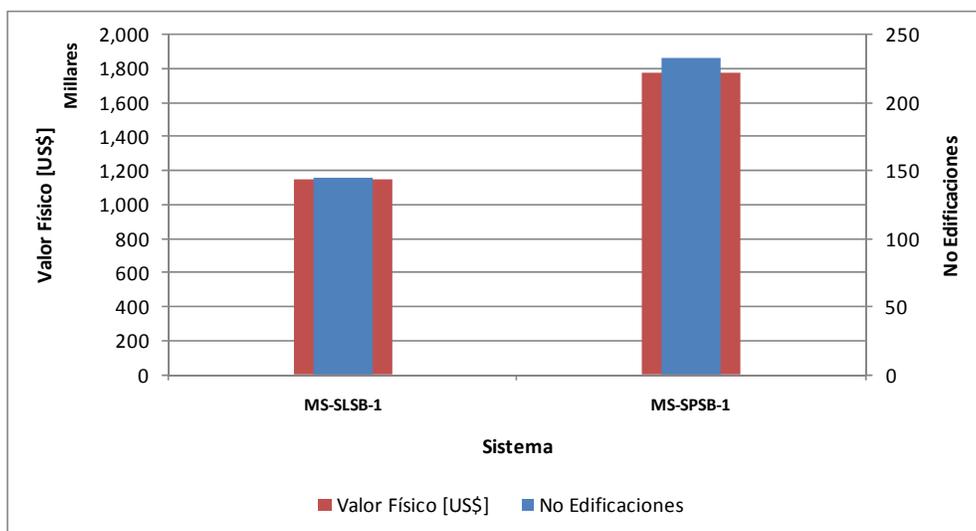


Figura 4-22

Distribución de valores expuestos y edificaciones por sistemas estructurales

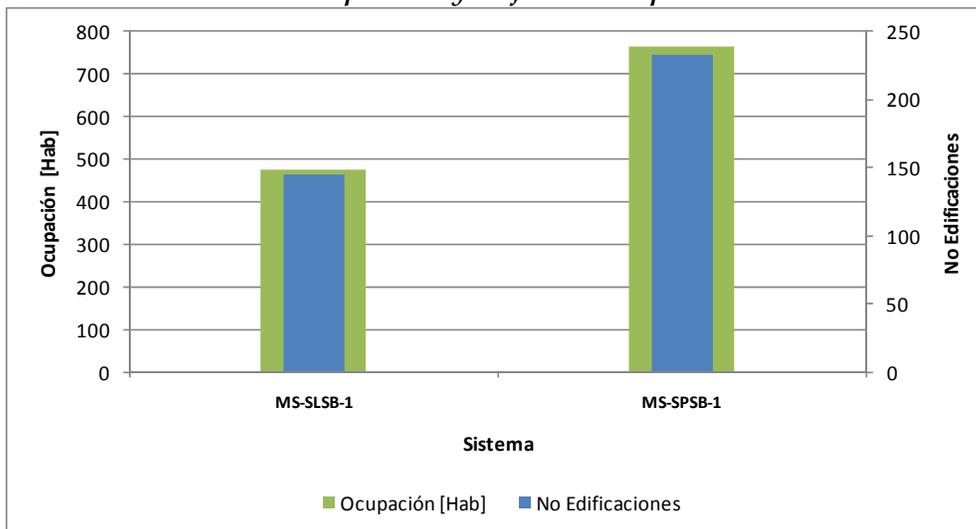


Figura 4-23

Distribución de ocupación y edificaciones por sistemas estructurales

Por otra parte, la Tabla 4-15 y la Figura 4-24 y la Figura 4-25 muestran la distribución de valores expuestos y ocupación, en función del número de pisos de las edificaciones incluidas.

Tabla 4-15

Valores expuestos y ocupación por número de pisos

No Pisos	No Edificaciones	Valor Físico [US\$]	Ocupación [Hab]
1	366	2,596,717	1,128
2	12	332,764	111
Total	378	2,929,481	1,239

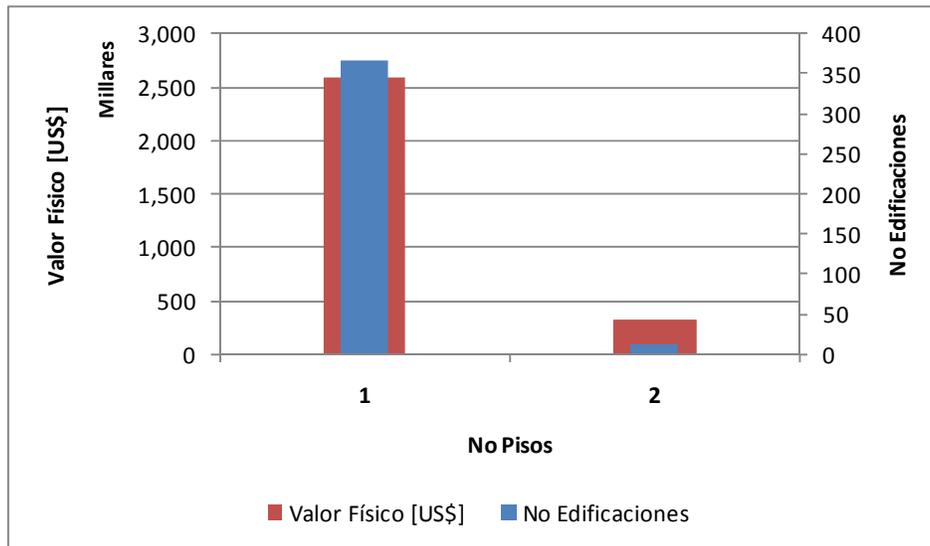


Figura 4-24

Distribución de valores expuestos y número de edificaciones por número de pisos

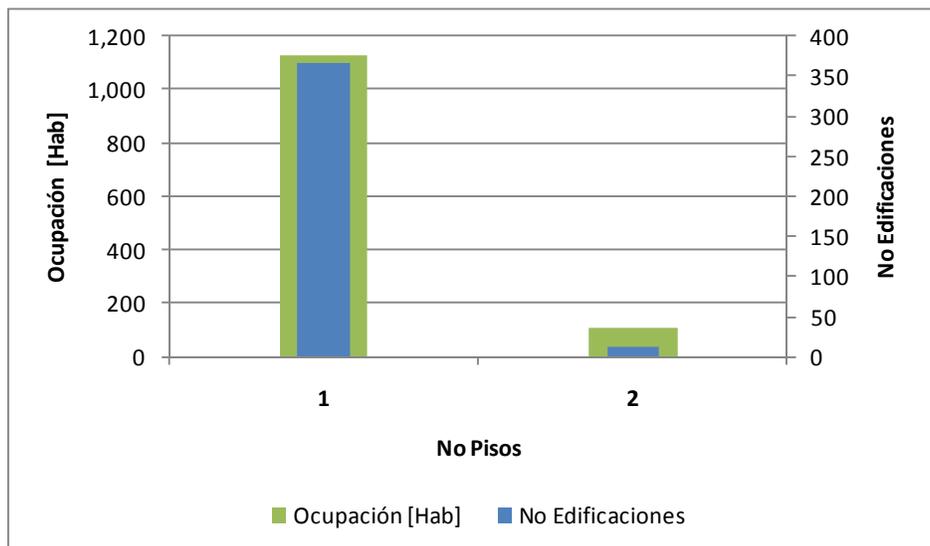


Figura 4-25

Distribución de ocupación y número de edificaciones por número de pisos

4.6 Modelo de exposición para Zacapa

4.6.1 Levantamiento de la información básica

Para la ciudad de Zacapa no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas, su distribución o actividad económica. Tampoco se cuenta con una base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que resultan de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a conformar la base de datos de exposición de edificaciones con base en un levantamiento digital a partir de imágenes de satélite, complementado con estadísticas de población, fotografías, indicadores oficiales y conceptos de expertos locales. Esta información, al igual que cualquier otro modelo de información aproximada, es susceptible de ser mejorada, actualizada y depurada mediante trabajo intenso de campo o mediante la disponibilidad de la información catastral detallada. La calidad y resolución de la información de exposición levantada define la confiabilidad y resolución de los resultados del análisis de riesgo.

La Figura 4-26 presenta una imagen de los predios digitalizados utilizando la herramienta web de levantamiento de elementos prediales tipo polígono de CAPRA (disponible en <http://www.ecapra.org/exposure.php>) para la ciudad de Zacapa.

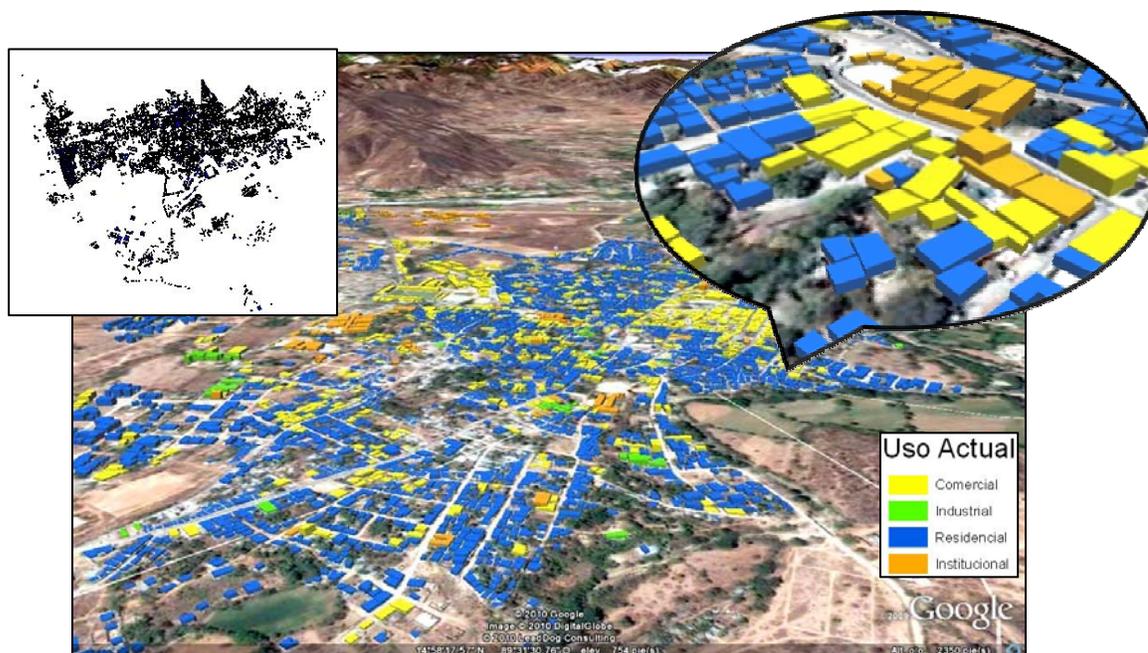


Figura 4-26
Mapa de predios de Zacapa
(Imagen generada con Google Earth. Recuadro: proyección plana)

4.6.2 Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de Zacapa, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones, tal como se explico en los numerales anteriores.

La Tabla 4-16 presenta algunos indicadores generales utilizados para generar la base de datos de exposición de edificaciones para esta población.

Tabla 4-16
Indicadores generales de exposición de edificaciones

Indicador	Unidad	Valor
Población total estimada	Hab	31,358
Área total de terreno urbano	km ²	6.29
Densidad de población	Hab/km ²	4,983
No. total de Edificaciones		7,872
Área de construcción	m ²	973 x10 ³
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.15
Valoración total de construcciones	US\$ millones	348
Valor promedio/m ² construido	US\$/m ²	358

A continuación se presentan algunas estadísticas resultantes del proceso de conformación de la base de exposición de edificaciones La Tabla 4-17 y la Figura 4-27 y Figura 4-28 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados. La descripción detallada de los sistemas estructurales se encuentra en el informe ERN-CAPRA-T2.2 (Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad, ERN 2010).

Tabla 4-17
Valores expuestos y ocupación por sistemas estructurales

Sistema	Código Sistema	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
Ripio	R	155	1.46	539
Adobe	A	1,012	26.16	3,911
Madera	W	165	1.60	591
Concreto prefabricado	CP	526	5.20	1,906
Mampostería simple	MS	2,134	65.75	8,608
Mampostería confinada	MC	2,638	169.11	9,898
Mampostería reforzada	MR	1,066	55.34	4,976
Porticos en concreto RM	PCR	109	16.52	698
Porticos en acero RM	PAR	67	7.02	231
Total		7,872	348.17	31,358

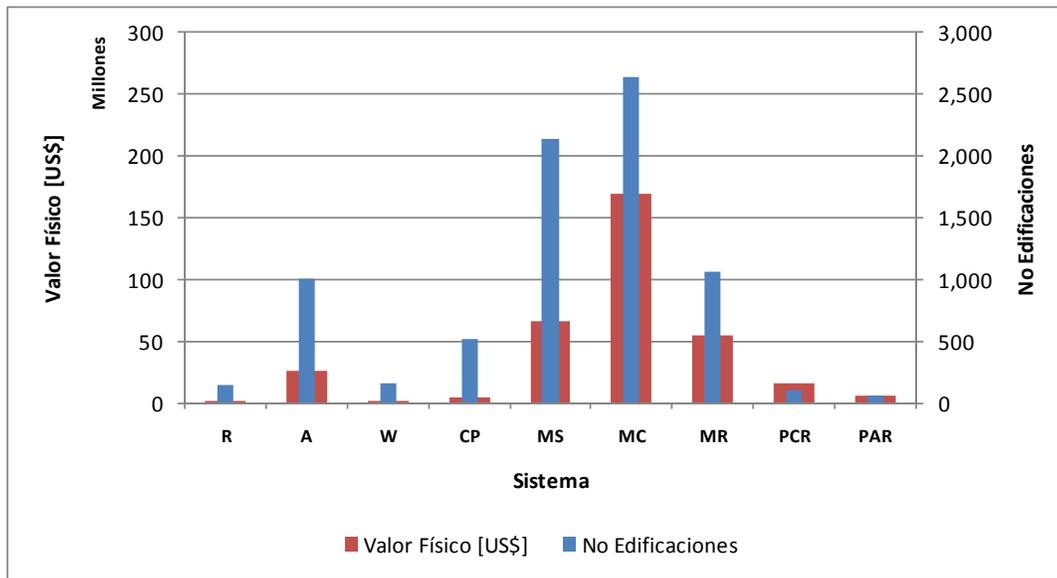


Figura 4-27
Distribución de valores expuestos y edificaciones por sistemas estructurales

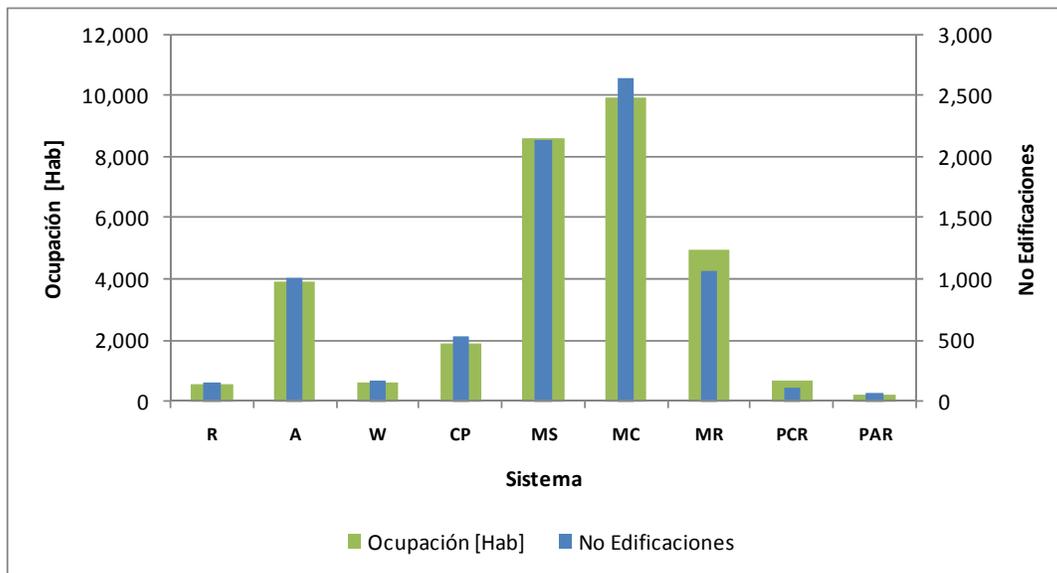


Figura 4-28
Distribución de ocupación y edificaciones por sistemas estructurales

Por otra parte, la Tabla 4-18 y la Figura 4-29 y Figura 4-30 muestran la distribución de valores expuestos y ocupación, en función del número de pisos de las edificaciones incluidas.

Tabla 4-18
Valores expuestos y ocupación por número de pisos

No Pisos	No Edificaciones	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
1	7,392	253.56	25,652
2	455	82.02	4,943
3	22	11.03	686
4	2	0.34	17
5	1	1.22	60
Total	7,872	348.17	31,358

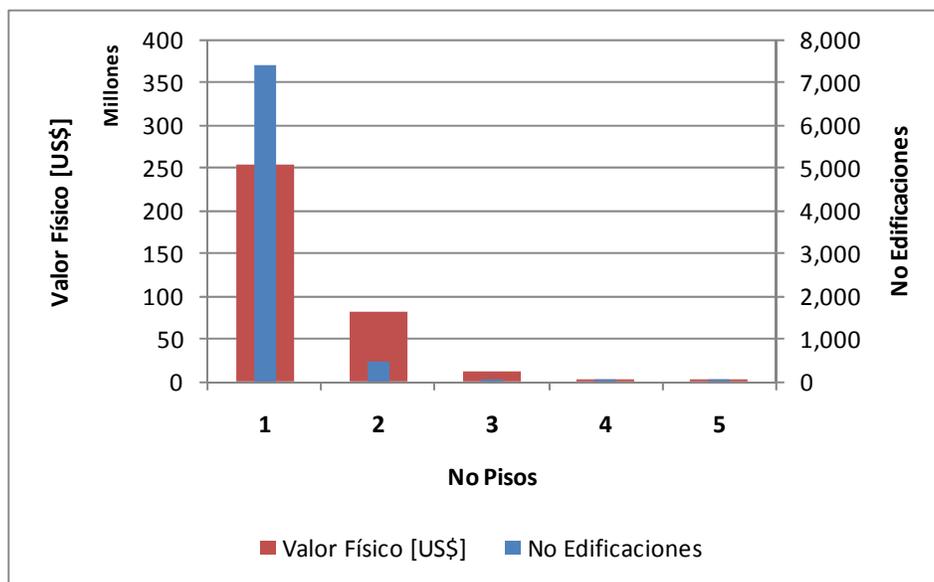


Figura 4-29
Distribución de valores expuestos y edificaciones por número de pisos

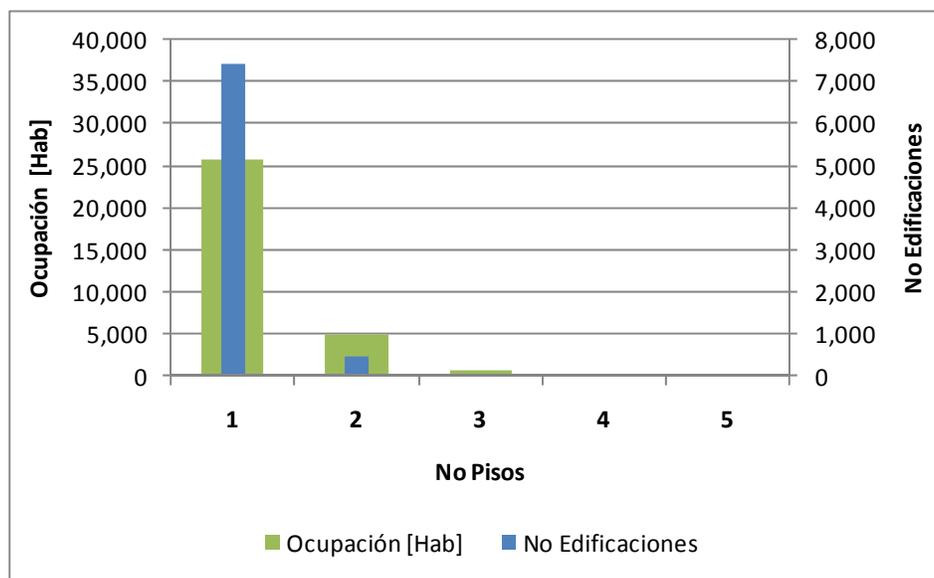


Figura 4-30
Distribución de ocupación y edificaciones por número de pisos

5 Principales fuentes de información

- *Instituto Nacional de Estadísticas de Guatemala* (<http://www.ine.gob.gt>)
- *Ministerio de Educación de Guatemala* (<http://www.mineduc.gob.gt>)
- *Ministerio de Energía y Minas de Guatemala* (<http://www.mem.gob.gt>)
- *Superintendencia de Telecomunicaciones* (<http://www.sit.gob.gt>).
- <http://www.presidencia.gov.co/sne/2005/mayo/14/05142005.htm>
- <http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portaIIG>
- http://www.el-exportador.com/012002/mercados/n49_articulo.pdf
- <http://www.centralamericadata.com>
- <http://www.inapa.gob.do/a,2707,html>
- <http://www.cig.gov.do/noticias/octubre-2006/05-10-06/gov-invi.html>
- <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsade/cd/videos/Orosi%20Tecnico.pdf>
- <http://www.aya.go.cr/content/noticias/noticia.php?id=400>
- <http://www.aircraft-charter-world.com/airports/centralamerica/guatemala.htm>
- [http://rangeland.tamu.edu/\(Datos de Guatemala\)](http://rangeland.tamu.edu/(Datos de Guatemala))
- <http://biogeo.berkeley.edu/bgm/gdata.php>
- *Central Intelligence Agency, The World Factbook*
(<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/BL.html>)

ANEXO ERN-CAPRA-T2.1-1
Diagrama de modelo de exposición

ANEXO ERN-CAPRA-T2.1-2
Metodología para la evaluación de elementos expuestos

ANEXO ERN-CAPRA-T2.1-3
Proxy de valores en exposición

(Anexo digital. Archivo Anexo ERN-CAPRA-T2.1-3 - Proxy-Guatemala.xls)