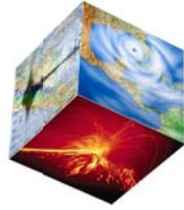


Evaluación de Riesgos Naturales
- América Latina -
Consultores en Riesgos y Desastres



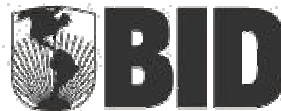
CAPRA

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

HONDURAS

TAREA IV
MAPAS DE AMENAZAS Y DE RIESGOS, APLICACIONES
EN LA GESTIÓN DEL RIESGO

INFORME TÉCNICO SUBTAREA 4.2C
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE
EN EL PROGRESO





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

Consortio conformado por:

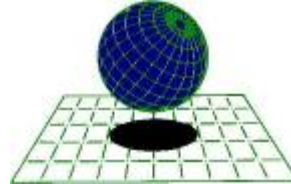
Colombia

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



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

Julián Tristancho
Especialista ERN (COL)

Miguel Genaro Mora C.
Especialista ERN (COL)

César Augusto Velásquez V.
Especialista ERN (COL)

Karina Santamaría D.
Especialista ERN (COL)

Mauricio Cardona O.
Especialista ERN (COL)

Sergio Enrique Forero A.
Especialista ERN (COL)

Mario Andrés Salgado G.
Asistente Técnico ERN (COL)

Juan Pablo Forero A.
Asistente Técnico ERN (COL)

Andrés Mauricio Torres C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Diana Marcela González C.
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)

Juan Miguel Galindo P.
Asistente Técnico ERN (COL)

Yinsury Sodel Peña V.
Asistente Técnico ERN (COL)

Mabel Cristina Marulanda F.
Especialista CIMNE(ESP)

Jairo Andrés Valcárcel 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)

Juan Camilo Olaya
Asistente Técnico ERN (COL)

Steven White
Asistente Técnico ERN (COL)

Asesores Nacionales

SNET Francisco Ernesto Durán
& **Giovanni Molina** El Salvador

Osmar E. Velasco
Guatemala

Oscar Elvir Honduras
Romaldo Isaac Lewis Belice

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

Flavio Bazán
Especialista Sectorial

Tsuneki Hori
Consultor Interno

Cassandra T. Rogers
Especialista Sectorial

Oscar Anil Ishizawa
Consultor Interno

Sergio Lacambra
Especialista Sectorial

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

Francis Ghesquiere
Coordinador Regional

Edward C. Anderson
Especialista

Joaquín Toro
Especialista

Stuart Gill
Especialista

Fernando Ramírez C.
Especialista

LIMITACIONES Y RESTRICCIONES

Esta aplicación es de carácter ilustrativo y presenta limitaciones y restricciones debido al nivel de resolución de la información disponible, de lo cual debe ser consciente el usuario final para efectos de poder dar un uso adecuado y consistente a los resultados obtenidos teniendo en cuenta el tipo de análisis realizado, el tipo y calidad de datos empleados, el nivel de resolución y precisión utilizado y la interpretación realizada. En consecuencia es importante señalar lo siguiente:

- Los modelos utilizados en los análisis tienen simplificaciones y supuestos para facilitar el cálculo que el usuario debe conocer debidamente. Éstas están descritas en detalle en los informes técnicos respectivos.
- Los análisis se han desarrollado con la mejor información disponible que presenta limitaciones en su confiabilidad y su grado de actualización. Es posible que exista información mejor y más completa a la cual no se tuvo acceso.
- La información utilizada y los resultados de los análisis de amenaza, exposición y riesgo tienen asociado un nivel de resolución según las unidades de análisis utilizadas, lo que se explica en el documento descriptivo del ejemplo.
- El uso que el usuario final le dé a la información no compromete a los autores de los estudios realizados, quienes presentan este ejemplo como lo que puede ser factible de hacer si se cuenta con información confiable con la precisión adecuada.
- Es responsabilidad del usuario comprender el tipo de modelo utilizado y sus limitaciones, la resolución y calidad de los datos, las limitaciones y suposiciones de los análisis y la interpretación realizada con el fin de darle a estos resultados un uso adecuado y consistente.
- Ni los desarrolladores del software, ni los promotores o financiadores del proyecto, ni los contratistas o subcontratistas que participaron en las aplicaciones o ejemplos de uso de los modelos asumen ninguna responsabilidad por la utilización que el usuario le dé a los resultados que aquí se presentan, por lo tanto están libres de responsabilidad por las pérdidas, daños, perjuicios o efectos que pueda derivarse por la utilización o interpretación de estos ejemplos demostrativos.

Tabla de contenido

1	Introducción.....	1-1
2	Metodología de evaluación del riesgo.....	2-1
3	Amenaza sísmica	3-1
3.1	Eventos históricos.....	3-1
3.2	Evaluación de la amenaza.....	3-2
4	Amenaza por huracán	4-1
4.1	Eventos Históricos.....	4-1
4.2	Evaluación de la amenaza.....	4-2
5	Amenaza por inundación.....	5-1
5.1	Eventos Históricos.....	5-1
5.2	Evaluación de la amenaza.....	5-1
6	Amenaza por deslizamiento	6-1
6.1	Evaluación de la amenaza.....	6-1
7	Inventario de elementos expuestos.....	7-1
7.1	Levantamiento de la información básica	7-1
7.2	Información de exposición de predios	7-2
7.3	Información de vulnerabilidad	7-5
8	Resultados de la evaluación	8-1
8.1	Evaluación probabilista del riesgo de desastre	8-1
8.1.1	Resultados para Sismo	8-1
8.1.2	Resultados para viento huracanado.....	8-6
8.1.3	Resultados agrupados.....	8-9
8.1.4	Mapas de riesgo	8-10
8.2	Análisis determinista del riesgo por inundación y deslizamiento	8-13
8.2.1	Resultados para inundación.....	8-13
8.2.2	Resultados para deslizamiento	8-15
9	Conclusiones y Recomendaciones	9-1
10	Referencias.....	10-1

Índice de figuras

FIGURA 1-1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE EL PROGRESO	1-1
FIGURA 3-1 MAPAS DE ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO [CM/S ²] PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	3-3
FIGURA 3-2 CURVA DE AMENAZA SÍSMICA EN EL PROGRESO PARA LA ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO	3-3
FIGURA 4-1 MAPAS DE VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO [KM/H] PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	4-3
FIGURA 4-2 CURVA DE AMENAZA POR VIENTO HURACANADO EN EL PROGRESO [KM/H].....	4-3
FIGURA 5-1 ESCENARIO DE INUNDACIÓN PARA EL PROGRESO – HURACÁN IRIS.	5-2
FIGURA 6-1 MAPA DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTO PARA EL PROGRESO. ESTADO DE SUELO SATURADO.	6-2
FIGURA 7-1 MAPA DE MANZANAS HOMOGÉNEAS DE EL PROGRESO.....	7-2
FIGURA 7-2 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y ÁREA CONSTRUIDA POR SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	7-3
FIGURA 7-3 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y ÁREA CONSTRUIDA POR SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	7-4
FIGURA 7-4 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS Y ÁREA CONSTRUIDA POR NÚMERO DE PISOS.....	7-4
FIGURA 7-5 DISTRIBUCIÓN DE OCUPACIÓN Y ÁREA CONSTRUIDA POR NÚMERO DE PISOS.....	7-5
FIGURA 7-6 NÚMERO DE REGISTROS SEGÚN LA CURVA DE VULNERABILIDAD PARA SISMO	7-6
FIGURA 7-7 NÚMERO DE REGISTROS SEGÚN LA CURVA DE VULNERABILIDAD PARA VIENTO.....	7-7
FIGURA 7-8 NÚMERO DE REGISTROS SEGÚN LA CURVA DE VULNERABILIDAD PARA INUNDACIÓN	7-7
FIGURA 7-9 CURVAS DE VULNERABILIDAD POR SISMO EMPLEADAS	7-8
FIGURA 7-10 CURVAS DE VULNERABILIDAD POR VIENTO EMPLEADAS	7-8
FIGURA 7-11 CURVAS DE VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN EMPLEADAS	7-9
FIGURA 7-12 CURVA DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO EMPLEADA	7-9
FIGURA 8-1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS PARA SISMO	8-2
FIGURA 8-2 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR SISTEMA ESTRUCTURAL.....	8-3
FIGURA 8-3 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR NÚMERO DE PISOS	8-4
FIGURA 8-4 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR USO	8-4
FIGURA 8-5 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR CATEGORÍA SOCIOECONÓMICA.....	8-5
FIGURA 8-6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS PARA VIENTO HURACANADO	8-6
FIGURA 8-7 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR SISTEMA ESTRUCTURAL.....	8-7
FIGURA 8-8 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR NÚMERO DE PISOS	8-8
FIGURA 8-9 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR USO	8-8
FIGURA 8-10 VALOR FÍSICO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA (AL MILLAR DEL VALOR EXPUESTO) POR CATEGORÍA SOCIOECONÓMICA.....	8-9
FIGURA 8-11 RESULTADOS ANÁLISIS.....	8-10
FIGURA 8-12 PÉRDIDA ANUAL ESPERADA POR MANZANA PARA SISMO	8-11
FIGURA 8-13 PÉRDIDA ANUAL ESPERADA POR MANZANA PARA VIENTO HURACANADO.....	8-12
FIGURA 8-14 PÉRDIDA POR SISTEMA ESTRUCTURAL (COMO PORCENTAJE DEL VALOR EXPUESTO)	8-14
FIGURA 8-15 PÉRDIDA ESPERADA POR MANZANA PARA EL ESCENARIO SELECCIONADO	8-14

Índice de tablas

TABLA 3-1 PRINCIPALES SISMOS QUE HAN AFECTADO EL TERRITORIO DE HONDURAS.....	3-1
TABLA 4-1 PRINCIPALES HURACANES QUE HAN AFECTADO EL TERRITORIO HONDUREÑO	4-1
TABLA 7-1 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES	7-2
TABLA 7-2 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMAS ESTRUCTURALES	7-3
TABLA 7-3 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR NÚMERO DE PISOS	7-4
TABLA 7-4 CURVAS DE VULNERABILIDAD EMPLEADAS	7-5
TABLA 7-5 EXPOSICIÓN POR CURVA DE VULNERABILIDAD.....	7-6
TABLA 8-1 TEMPORALIDADES EMPLEADAS EN EL CÁLCULO	8-1
TABLA 8-2 RESULTADOS GENERALES PARA SISMO	8-2
TABLA 8-3 RESULTADOS POR SISTEMA ESTRUCTURAL	8-3
TABLA 8-4 RESULTADOS GENERALES PARA VIENTO HURACANADO	8-6
TABLA 8-5 RESULTADOS POR SISTEMA ESTRUCTURAL	8-7
TABLA 8-6 RESULTADOS GENERALES	8-9
TABLA 8-7 VALOR EXPUESTO Y PÉRDIDA ECONÓMICA	8-13
TABLA 8-8 RESULTADOS POR SISTEMA ESTRUCTURAL (VALORES EXPUESTOS Y PÉRDIDA ESPERADA).....	8-13
TABLA 8-9 VALOR EXPUESTO Y PÉRDIDA ECONÓMICA	8-15

1 Introducción

El Progreso, municipio del departamento de Yoro en Honduras, es una población con aproximadamente 125,000 habitantes. Se encuentra localizado en la zona norte del país en el Valle de Sula, entre la margen derecha del río Ulúa y la cordillera de Mico Quemado.



Figura 1-1
Localización geográfica de El Progreso

El municipio cuenta con cerca de 23,500 predios distribuidos en uso residencial, comercial y en menor medida en uso institucional e industrial, el sistema estructural predominante en las edificaciones es la mampostería simple, confinada y reforzada.

La principal actividad económica en El Progreso gira en torno a la agricultura, la ganadería y a la producción y comercio de textiles. Una de sus principales fuentes de empleo es la industria maquiladora.

Durante el paso de ciclones y huracanes o temporadas lluviosas el río Ulúa y sus afluentes tienen una tendencia a crecer de forma desmedida, causando daños a las poblaciones ubicadas en la zona de inundación del afluente, principalmente en las zonas bajas y plantaciones en el Valle de Sula. En 1998 un gran número de deslizamientos se registraron en la cuenca por el efecto detonante de las fuertes lluvias del huracán Mitch. En Honduras, las inundaciones y deslizamientos de tierra mataron cerca de 6,500 personas y dejaron varios miles de desaparecidos. Cerca del 20% de la población del país, posiblemente hasta 1.5 millones de personas, quedaron sin hogar.

En el proceso de conocimiento y evaluación del riesgo que se deriva de la ocurrencia de eventos extremos, se deben identificar condiciones del municipio relativas a la exposición del capital físico y humano y su distribución geográfica, la vulnerabilidad física y de la población y del potencial de daños y pérdidas que podrían presentarse. A través de un procedimiento de este tipo es posible contar con información útil para la toma de decisiones por parte de los funcionarios encargados de la planeación y desarrollo al poderse estimar la

magnitud del impacto económico y social para el municipio y el país. Así mismo, se pueden establecer parámetros para la formulación de planes dentro de la gestión ex ante y ex post del riesgo de desastres.

El objetivo de la simulación que se presenta más adelante consiste en evaluar el riesgo potencial del municipio El Progreso ante eventos sísmicos y de paso de huracanes, y expresar el riesgo en términos de pérdidas económicas anuales esperadas (PAE), pérdidas máximas probables (PML) y afectación directa sobre la población. El análisis se realiza en términos probabilistas para las amenazas de sismo y huracán, y en términos deterministas para las amenazas de inundación y deslizamiento.

Los resultados de la simulación se presentan de manera que puedan ser usados para análisis detallados posteriores y como insumos para la preparación del plan de contingencia o de atención de emergencias, la formulación de planes de reducción de la vulnerabilidad física, y para plantear posibles estrategias de protección financiera.

2 Metodología de evaluación del riesgo

Para la evaluación del riesgo en El Progreso se siguió la metodología propuesta en el marco de la iniciativa CAPRA, la cual se describe en detalle en el informe ERN-CAPRA-T3.2 (Metodología de Análisis Probabilista de Riesgos, ERN 2010), y en el sitio web www.ecapra.org.

La metodología para la evaluación del riesgo ante amenaza por sismo, huracán, inundación y deslizamiento en incluyó los siguientes aspectos:

- (a) Evaluación de la amenaza sísmica: ésta se evalúa mediante un análisis probabilista (PSHA - Probabilistic Seismic Hazard Analysis) el cual permite obtener resultados relacionados con pérdidas anuales esperadas para cada uno de los bienes y para el portafolio en general.
- (b) Evaluación de la amenaza por viento huracanado: ésta se evalúa mediante un análisis probabilista el cual permite obtener resultados relacionados con pérdidas anuales esperadas para cada uno de los bienes y para el portafolio en general.
- (c) Evaluación de la amenaza por inundación producida por lluvia huracanada y deslizamiento inducido por sismo: éstas se evalúan mediante escenarios específicos deterministas. La evaluación permite obtener la pérdida esperada para cada bien y el portafolio en general dada la eventual ocurrencia del evento seleccionado en el escenario.
- (d) Inventario de bienes expuestos: dado que no fue posible contar con la información catastral detallada de la población, se recurrió al levantamiento del inventario de activos expuestos basado en observaciones de imágenes de satélite e interpretación de las mismas. Información oficial e índices publicados permitieron establecer los valores de reposición aproximados y los índices de ocupación.
- (e) Funciones de vulnerabilidad: los diferentes tipos constructivos identificados en la zona se caracterizan mediante una función de vulnerabilidad que da cuenta de la capacidad de la edificación para resistir la acción de los diferentes eventos considerados. Estas funciones de vulnerabilidad representan el comportamiento esperado (probable) de las edificaciones de cada tipo estructural particular, por lo que su uso es adecuado en términos estadísticos cuando existe un inventario amplio de activos expuestos. El análisis utiliza las funciones de vulnerabilidad determinadas siguiendo las metodologías y herramientas propuestas en el sistema ERN-Vulnerabilidad (ERN, 2010).
- (f) Evaluación del riesgo: la evaluación del riesgo se lleva a cabo mediante el asocio de las amenazas consideradas sobre el inventario de activos expuestos con las funciones de vulnerabilidad relacionadas. Para el efecto se emplea la herramienta de evaluación de riesgo CAPRA-GIS (ERN 2010). Se evalúa, entonces, el porcentaje de daños esperado en cada una de las edificaciones expuestas para cada uno de los

escenarios planteados y para el análisis probabilista integral. La valoración del riesgo se presenta en términos de estimaciones de:

- Porcentaje de afectación física de las construcciones.
- Pérdidas económicas directas aproximadas por predio.
- Pérdidas económicas máximas probables.
- Pérdidas anuales esperadas.

3 Amenaza sísmica

La modelación de la amenaza se presenta en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.3 (Modelación Probabilista de Amenazas Naturales, ERN 2010). Las bases teóricas del modelo de amenaza se presentan en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas, ERN2010). Toda la información anterior se encuentra también descrita en detalle en el sitio web www.ecapra.org.

3.1 Eventos históricos

El 28 de Mayo de 2009, debido a un sismo de magnitud 7.1 grados en la escala de Richter, colapsó una de las vías del puente La Democracia en El Progreso, así como varias edificaciones se vieron afectadas. La Tabla 3-1 describe algunas características de los eventos sísmicos con mayor intensidad o magnitud que han afectado a Honduras a lo largo de la historia y que han causado un impacto considerable en la región.

Tabla 3-1
Principales sismos que han afectado el territorio de Honduras
(Fuente: <http://atlas.snet.gob.sv/atlas/files/sismos/tablas/invSismosHond.html>)

Año	Ubic. x	Ubic. y	Magnitud	Intensidad	Descripción	No. de Muertos	No. de Heridos	Poblaciones afectadas
09/10/1608	-	-	-	VI	-	-	-	-
07/1764	-	-	6-6.5	-	El evento sísmico se localizó en la zona de depresión de Honduras. Se registró un total de 108 viviendas destruidas.	-	-	-
19/10/1820	-	-	6-6.5	VIII	El evento sísmico se localizó en el departamento de Cortés, causando la ruina del municipio de Omoa y a la ciudad capital del departamento de San Pedro Sula.	-	-	-
25/09/1855	-86	16	6-6.5	VIII	El evento sísmico se localizó en el departamento de Colón, causando daños considerables en la capital departamental Trujillo	-	-	-
4/8/1856	-88	16	7-8	X	-	-	-	-

Año	Ubic. x	Ubic. y	Magnitud	Intensidad	Descripción	No. de Muertos	No. de Heridos	Poblaciones afectadas
29/12/1915	-89.5	13.5	6.3	-	El evento sísmico se sintió en el occidente del territorio hondureño, ocasionando daños en algunas estructuras.	-	-	Gracias a Dios y Flores
4/2/1976	-89.1	15.32	7.5Mw01000	-	-	-	-	-
19/6/1982	-89.34	13.31	7.0 mbPAS	-	-	-	-	-
2/9/1992	-87.34	11.74	7.7 MwHRV	-	-	-	-	-
11/7/1999	-88.33	15.78	6.4	VII	Tuvo mayores repercusiones en inmediaciones de Puerto Barrios, Puerto Cortes y San Pedro Sula.	-	-	-
13/1/2001	-88.66	13.05	7.7 MwHRV	-	-	-	-	-
9/10/2004	-86.67	11.42	7.0 MwHRV	-	-	-	-	-
28/05/2009	-	-	7.1	-	El evento sísmico generó destrucción de 60 casas y se causó daños a otras 80 viviendas e iglesias.	5	25	Roatán

3.2 Evaluación de la amenaza

La amenaza sísmica de Honduras se calculó empleando los avances presentados en el proyecto regional RESIS II (NORSAR et. al. 2008), el cual constituye el estudio más avanzado a la fecha con relación a evaluación de amenaza sísmica en América Central. A partir de la sismotectónica de la región, y la sismicidad registrada e histórica, se definieron una serie de fuentes sismogénicas, las cuales cubren la totalidad del territorio centroamericano, y conservan las condiciones de sismicidad generales y su variación regional.

Con base en dicha información y empleando la metodología que se explica en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.3 (Modelación Probabilista de Amenazas Naturales, ERN 2010) y en el sitio web www.ecapra.org, se construyó un catálogo de eventos estocásticos que representan en conjunto la amenaza sísmica de la región.

Se determinaron en total 19,380 escenarios, según la metodología presentada en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas, ERN2010), cada uno de ellos asociado a una frecuencia de ocurrencia determinada, y con magnitud correspondiente a las características de las fuentes sismogénicas. La Figura 3-1 presenta los mapas de amenaza sísmica, en términos de aceleración máxima del terreno para diferentes periodos de retorno.

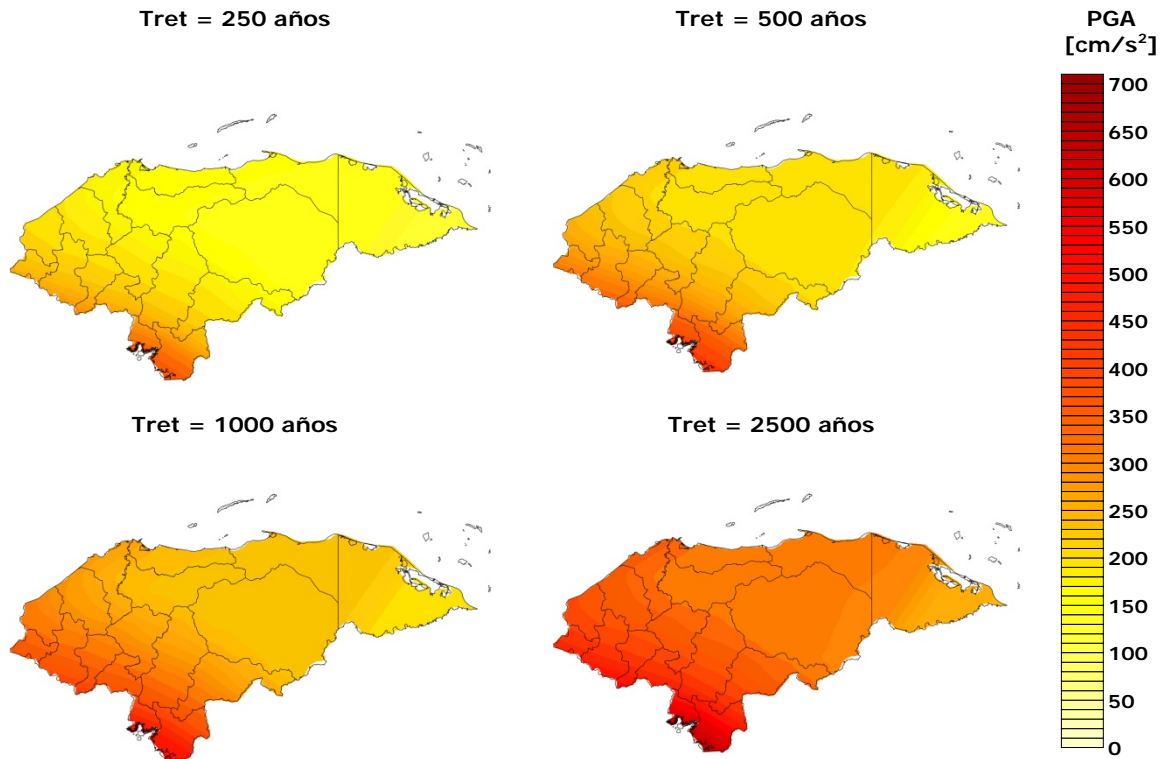


Figura 3-1
Mapas de aceleración máxima del terreno [cm/s²] para diferentes periodos de retorno

Por otra parte la Figura 3-2 presenta la curva de amenaza para un punto representativo del municipio.

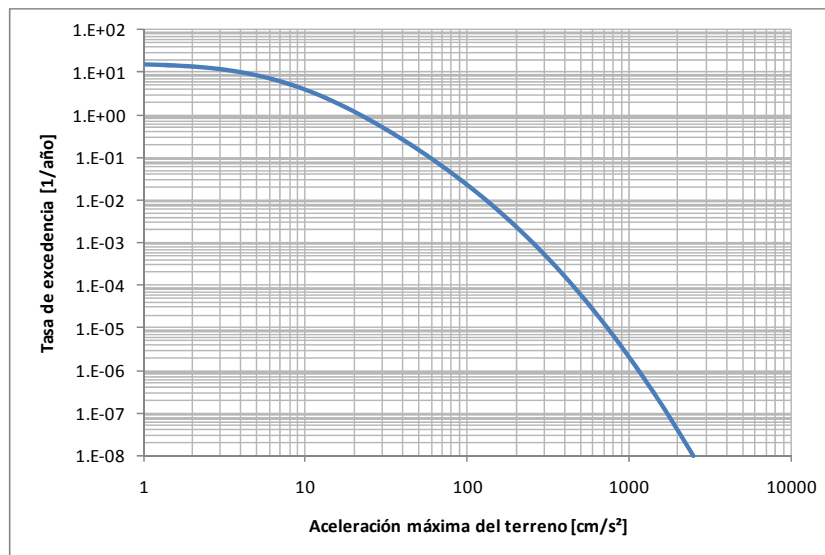


Figura 3-2
Curva de amenaza sísmica en El Progreso para la aceleración máxima del terreno

4 Amenaza por huracán

La modelación de la amenaza se presenta en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.3 (Modelación Probabilista de Amenazas Naturales, ERN 2010). Las bases teóricas del modelo de amenaza se presentan en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas, ERN2010). Toda la información anterior se encuentra también descrita en detalle en el sitio www.ecapra.org.

4.1 Eventos Históricos

En 1998 el huracán Mitch afectó gran parte del territorio hondureño, provocando a su paso 258 muertos y más de 100,000 damnificados. Los daños fueron cuantificados en más de 750 millones de US\$. Posteriormente en 2005 el huracán Stan afectó la mayoría del territorio de América Central, provocando a su paso 1,500 muertos, 3,000 desaparecidos y aproximadamente 450,000 damnificados. El monto total de pérdidas superó los 985 millones de US\$. En la Tabla 4-1 se presentan los principales huracanes que han afectado el territorio hondureño.

*Tabla 4-1
Principales huracanes que han afectado el territorio hondureño*

Nombre	Año	Fecha	Cat. SS	Pérdidas directas (US\$ Millones)	Muertos	Desaparecidos	Heridos	Afectados
Hattie-Simone	1961	27 OCT - 1 NOV	5		11			
Francelia	1969	29 AGO - 4 SEP	3	15				
Fifi	1974	14-24 SEP	2		200			1500
Greta-Olivia	1978	13 - 23 SEP	4					
Joan-Miriam	1988	11 OCT - 2 NOV	4					
Opal	1995	27 SEP - 6 OCT	4		31			
Mitch	1998	22 OCT- 5 NOV	5	748	258			100000
Gordon	2000	14-21 SEP	1		23			
Keith	2000	28 SEP - 6 OCT	4		1			
Iris	2001	8-21 NOV	4		5		100	27 500
Adrian	2005	17-21 MAY	1		2			
Stan	2005	1-5 OCT	1	988.3	1500	3000		475 000
Felix	2007	31 AGO - 5 SEP	5					850
Dolly	2008	20-25 JUL	2		17			

4.2 Evaluación de la amenaza

Para el presente caso la amenaza por huracán se evalúa exclusivamente en términos de velocidad del viento huracanado. El análisis se realiza con base en las trayectorias y características de los registros históricos disponibles. Los eventos estocásticos se generan mediante simulación utilizando una técnica “*random-walk*” que involucra un muestreo de las distribuciones históricas en la localización de generación de la tormenta, para calcular una velocidad de avance que permita ir moviendo la tormenta hacia adelante, y haciendo muestreo en la distribución en la nueva ubicación para el siguiente intervalo de tiempo y así sucesivamente. Cada trayectoria simulada es diferente de cada otra trayectoria simulada o histórica pero el conjunto de eventos simulado mantiene las mismas propiedades estadísticas del conjunto de eventos históricos. Esta metodología se explica en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales, ERN2010) y sitio web www.ecapra.org.

Para la modelación de la amenaza, se empleó información topográfica con resolución de 30 m, obtenida del STRM de la NASA. Empleando la metodología que se explica en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.3 (Modelación Probabilista de Amenazas Naturales, ERN2010) y en el sitio web www.ecapra.org, se construyó un catálogo huracanes estocásticos e históricos, que representan de manera integral la amenaza del país.

Para el análisis probabilista se calcularon un total de 82 escenarios de viento huracanado, según la metodología presentada expuesta en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales, ERN2010), cada uno de ellos asociado a una frecuencia de ocurrencia determinada, y que corresponden a simulaciones a partir de eventos históricos. La Figura 4-1 presenta mapas de amenaza por huracán, en términos de velocidad máxima de vientos huracanados, para diferentes períodos de retorno.

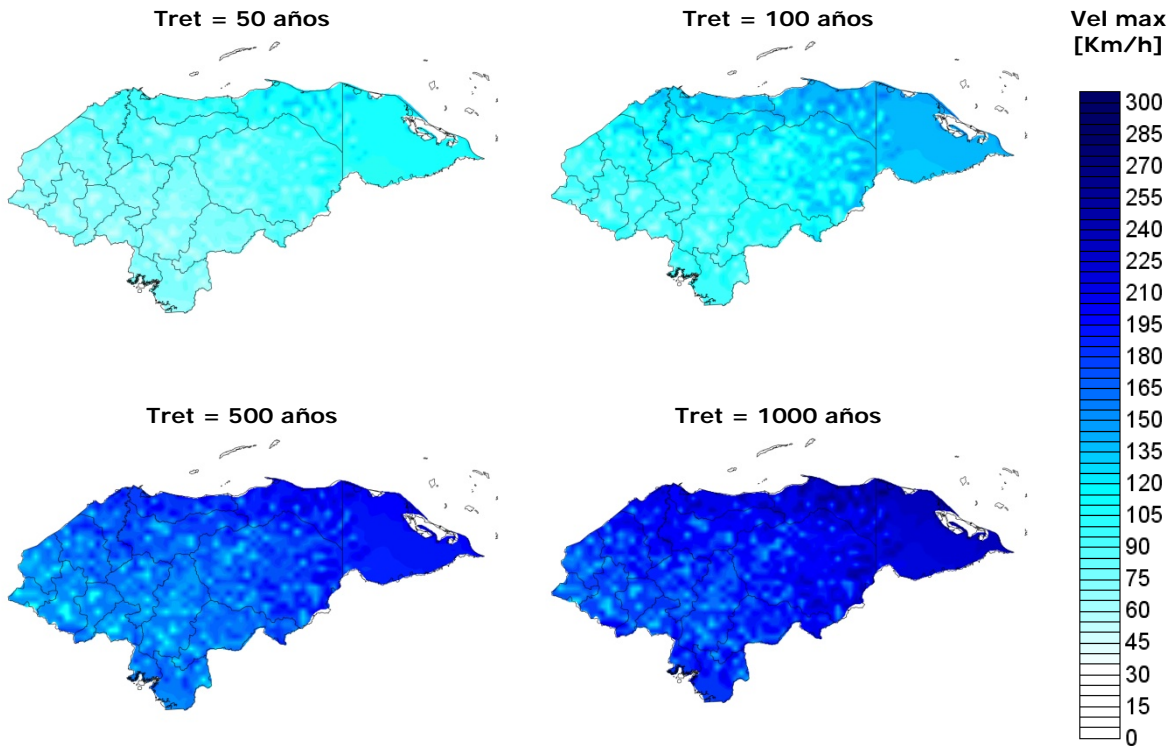


Figura 4-1
Mapas de velocidad máxima del viento [km/h] para diferentes periodos de retorno

Por otra parte la Figura 4-2 presenta la curva de amenaza de viento para un punto representativo del municipio.

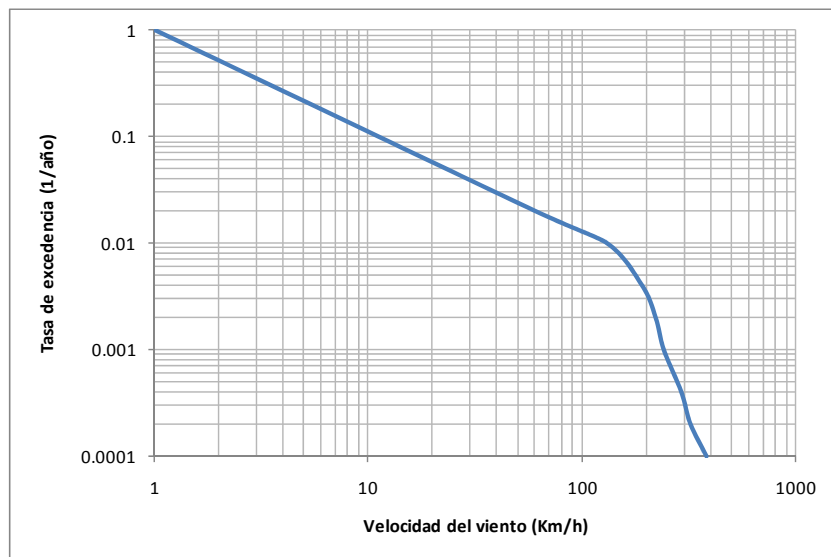


Figura 4-2
Curva de amenaza por viento huracanado en El Progreso [Km/h]

5 Amenaza por inundación

La modelación de la amenaza se presenta en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.3 (Modelación Probabilista de Amenazas Naturales, ERN 2010). Las bases teóricas del modelo de amenaza se presentan en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas, ERN 2010). Toda la información anterior se encuentra también descrita en detalle en el sitio www.ecapra.org.

5.1 Eventos Históricos

Por su ubicación sobre el área de inundación del río Ulúa, el municipio de El Progreso se ha visto afectado en varias ocasiones por las lluvias generadas por el paso de huracanes como Francelia, Fifi, Joan, Gilbert, Marcos, Mitch y la Tormenta Tropical Guert, los cuales han provocado grandes inundaciones, dejando un gran número de familias damnificadas y arrasando con hectáreas de cultivos.

5.2 Evaluación de la amenaza

La metodología para la evaluación de la amenaza por inundación en la zona de estudio incluyó los siguientes aspectos:

- (a) Evaluación de la amenaza de lluvia huracanada: ésta se evalúa mediante un análisis probabilista con escenarios históricos de huracán en la región.
- (b) Levantamiento de información básica para el estudio lo cual incluye como mínimo las características de la cuenca y de su cauce principal, el modelo digital de elevación de la cuenca y, a detalle para la zona de estudio, las propiedades geotécnicas de los suelos superficiales.
- (c) Evaluación de la amenaza por inundación siguiendo la metodología de flujo bidimensional en cauce y llanura.

La amenaza por inundación fue calculada de manera determinista, seleccionando un escenario considerado como el peor factible de ocurrir en el municipio. Como escenario de lluvia detonante se seleccionó el correspondiente al huracán Iris. En La Figura 5-1 se presenta la máxima lámina de agua sobre la superficie en metros, para el escenario seleccionado.

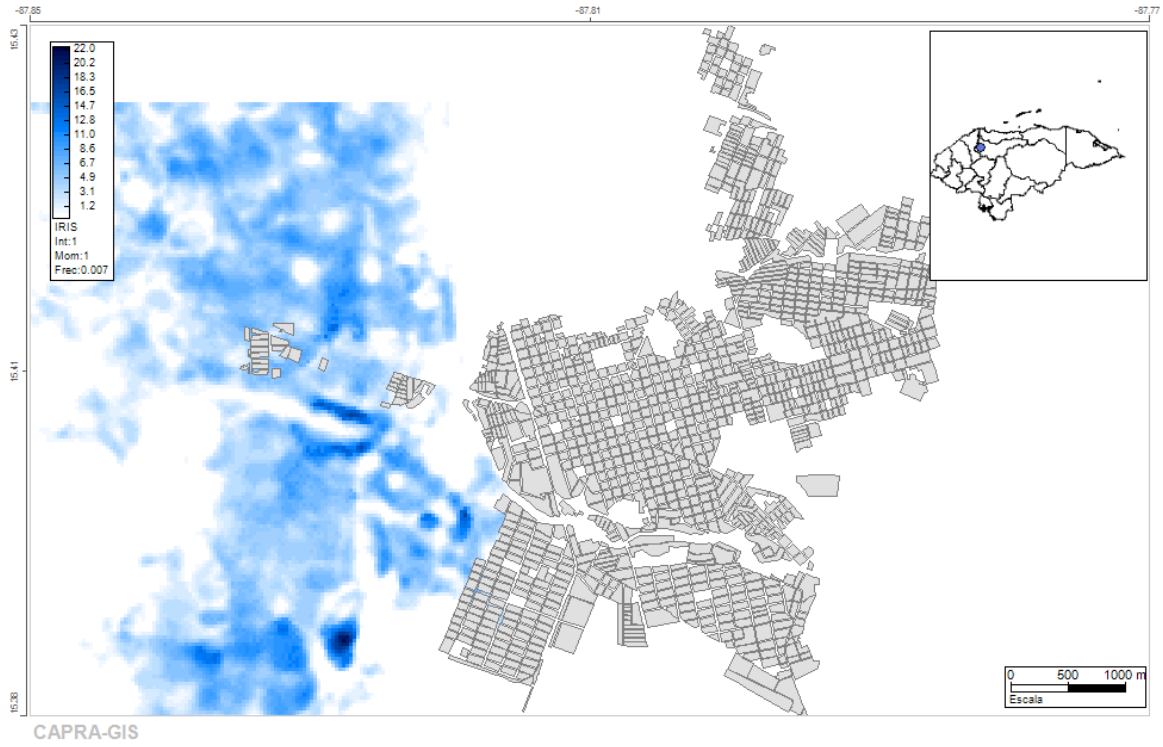


Figura 5-1
Escenario de Inundación para El Progreso - Huracán Iris.

6 Amenaza por deslizamiento

La modelación de la amenaza se presenta en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.3 (Modelación Probabilista de Amenazas Naturales, ERN2010). Las bases teóricas del modelo de amenaza se presentan en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas, ERN2010). Toda la información anterior se encuentra también descrita en detalle en el sitio www.ecapra.org.

6.1 Evaluación de la amenaza

Para la evaluación de la amenaza por deslizamiento en la zona seleccionada de estudio se siguió la metodología propuesta en el marco de la iniciativa CAPRA la cual se describe en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1.2 (Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales, ERN 2010), y en el sitio www.ecapra.org.

La metodología para la evaluación de la amenaza por deslizamiento en la zona de estudio incluyó los siguientes aspectos:

- (a) Evaluación de la amenaza por deslizamiento inducido por sismo en condiciones de propiedades geotécnicas saturadas.
- (b) Levantamiento de información básica para el estudio lo cual incluye como mínimo el modelo digital de elevación de la zona de estudio y las propiedades geotécnicas de los suelos superficiales.
- (c) Evaluación de la amenaza por deslizamiento siguiendo la metodología de falla traslacional o plana para un talud infinitamente largo.

La amenaza sísmica detonante se consideró mediante un escenario determinista correspondiente a un sismo de magnitud 6.83 Mw. En La Figura 6-1 se presenta el resultado del análisis de amenaza, bajo condiciones de suelo saturado y terremoto, en términos del factor de inestabilidad, el cual corresponde al inverso del factor de seguridad.

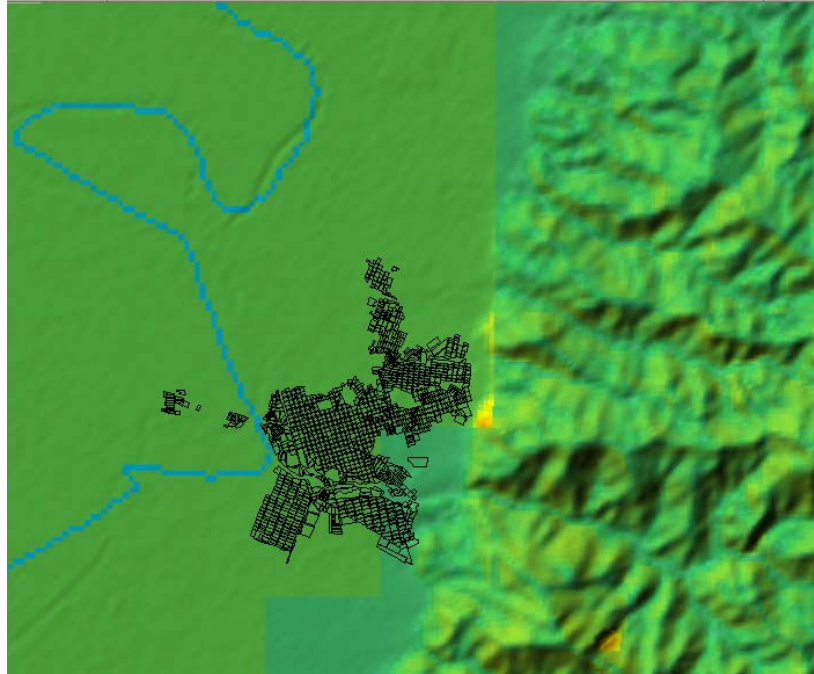


Figura 6-1

*Mapa de amenaza por deslizamiento para El Progreso. Estado de suelo saturado.
Análisis método de falla traslacional.*

7 Inventario de elementos expuestos

7.1 Levantamiento de la información básica

Para el municipio de El Progreso 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 complementar la base de datos de exposición de edificaciones, haciendo 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 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 7-1 presenta una imagen de las manzanas homogéneas del municipio, digitalizadas utilizando la herramienta web de zonificación urbana de CAPRA (disponible en www.ecapra.org/zonhu.php para El Progreso). 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 homogénea es luego calificada en términos de porcentajes identificados de tipos constructivos, con relación a lo observado durante el levantamiento.

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 zona, 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.

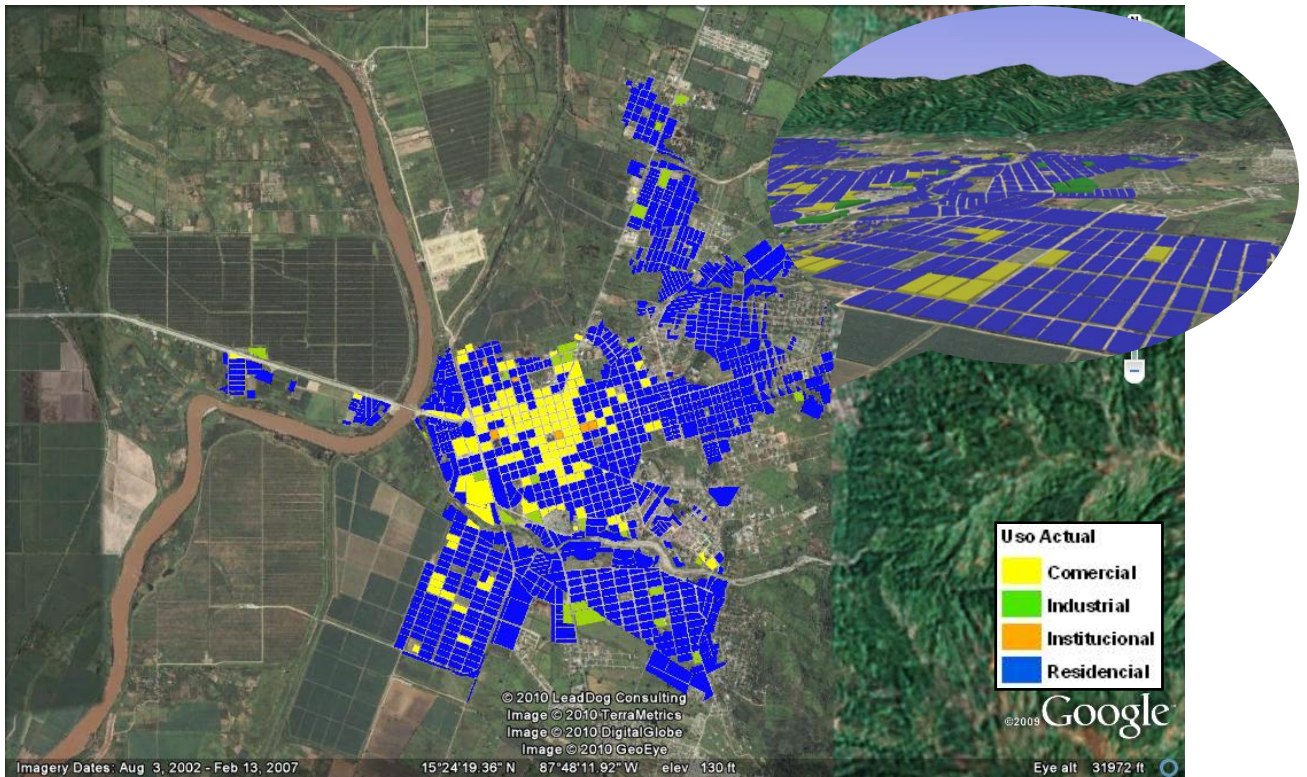


Figura 7-1
Mapa de manzanas homogéneas de El Progreso

7.2 Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de El Progreso, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asignan mediante los métodos aproximados mencionados.

La Tabla 7-1 presenta algunos indicadores generales utilizados para generar la base de datos de exposición de edificaciones para esta población.

Tabla 7-1
Indicadores generales de exposición de edificaciones

Indicador	Unidad	Valor
Población total estimada	Hab	124,844
Área total de terreno urbano	km ²	16
Densidad de población	Hab/km ²	7,895
No. total de Edificaciones		23,576
Área de construcción	m ²	3,785 x10 ³
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.24
Valoración total de construcciones	US\$ millones	1,868
Valor promedio/m ² construido	US\$/m ²	500

A continuación se presentan algunas estadísticas resultantes del proceso de conformación de la base de exposición de edificaciones. La Tabla 7-2 y la Figura 7-2 y Figura 7-3 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados. La descripción detallada de los sistemas estructurales y su distribución en el municipio se encuentra en el informe ERN-CAPRA-T2.2 (Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad, ERN 2010).

Tabla 7-2
Valores expuestos y ocupación por sistemas estructurales

Sistema	Código Sistema	Área construida [m ²]	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
Bambú-Caña o Palma	BP-SLFB-1	35,024.83	16.94	1,103
No tecnificado	R-SLFB-1	70,049.66	33.88	2,176
Adobe	A-SPSB-1	70,049.66	33.88	2,176
Madera	W-SLFB-1	315,223.47	152.46	9,787
Mampostería simple	MS-SLSB-1	689,218.94	323.20	25,406
	MS-FLSB-2	245,173.81	118.58	7,646
	MS-RLSB-2	42,298.00	16.11	3,815
Mampostería confinada	MC-SLSB-1	805,571.09	389.61	25,091
	MC-RCSB-2	455,322.79	220.21	14,179
Mampostería reforzada	MR-SLSB-1	544,224.45	267.82	16,892
	MR-RLSB-2	319,656.15	189.92	10,753
Pórticos en concreto	PCR-SLSB-1	70,049.66	33.88	2,176
	PCR-RLSB-2	17,740.00	20.65	355
	PCR-RPSB-2	105,074.49	50.82	3,289
Total		3,784,677.00	1,867.94	124,844

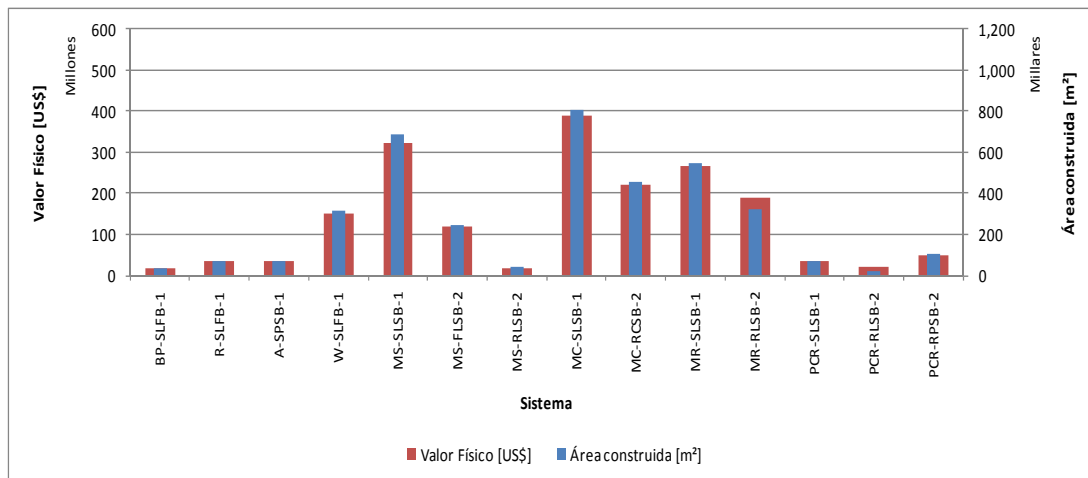


Figura 7-2
Distribución de valores expuestos y área construida por sistemas estructurales

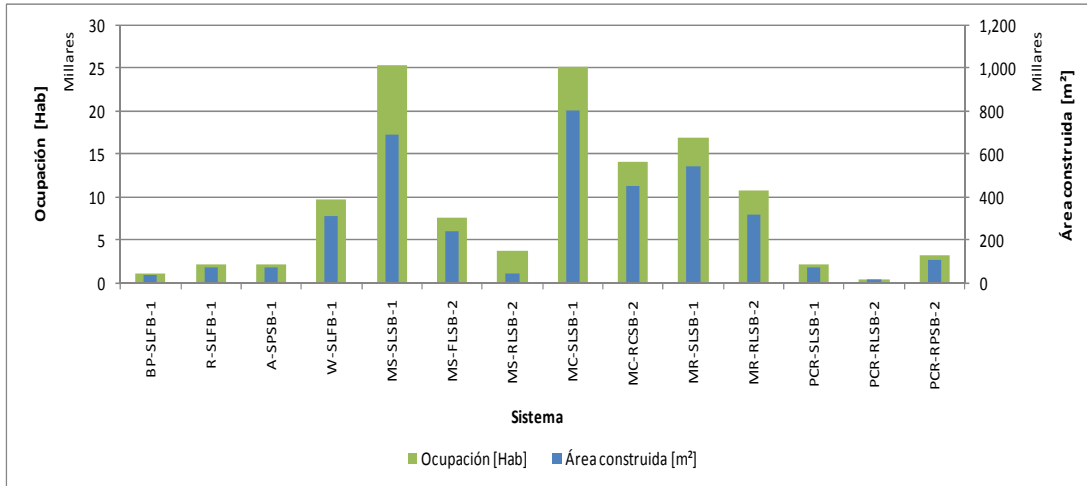


Figura 7-3

Distribución de ocupación y área construida por sistemas estructurales

Por otra parte, la Tabla 7-3 y la Figura 7-4 y Figura 7-5 muestran la distribución de valores expuestos y ocupación, en función del número de pisos de las edificaciones incluidas.

Tabla 7-3
Valores expuestos y ocupación por número de pisos

No Pisos	Área construida [m²]	Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
1	2,938,657	1,259.76	101,099
2	802,123	576.22	22,784
3	43,897	31.96	961
TOTAL	3,784,677	1,867.94	124,844

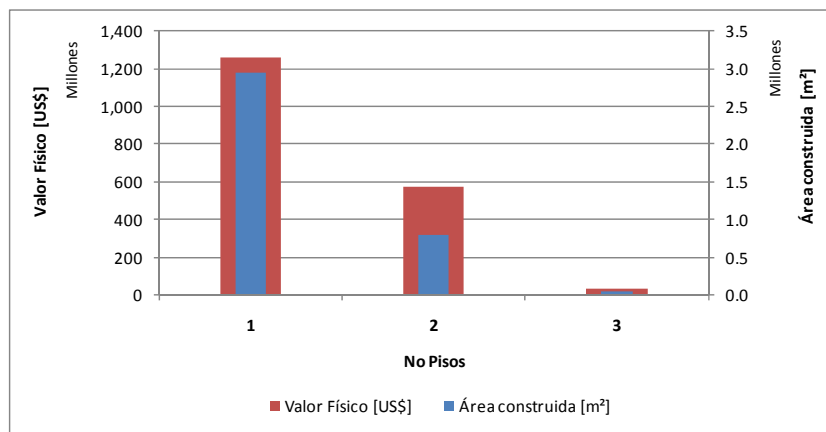


Figura 7-4

Distribución de valores expuestos y área construida por número de pisos

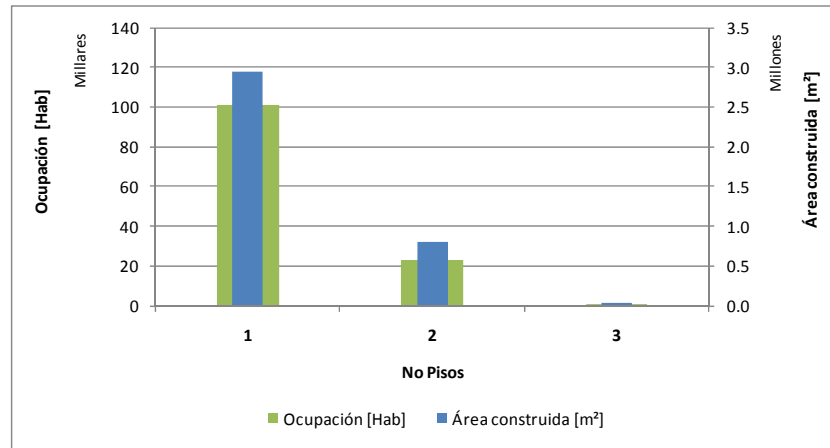


Figura 7-5

Distribución de ocupación y área construida por número de pisos

7.3 Información de vulnerabilidad

Los tipos estructurales contenidos en la base de datos corresponden a los presentados en la Tabla 7-4.

Tabla 7-4
Curvas de vulnerabilidad empleadas

Material	Curva de vulnerabilidad				Valor Físico [US\$ millones]	Ocupación [Hab]
	Sismo	Viento	Inundación	Deslizamiento		
Bambú, caña o palma						
BP-SLFB-1	S_BP-SLFB-1	V_LF1	I_W1	D_Deslizamiento	6.94	1,103
No tecnificado						
R-SLFB-1	S_R-SLFB-1	V_LF1	I_R1	D_Deslizamiento	33.88	2,176
Adobe						
A-SPSB-1	S_A-SPSB-1	V_PS1	I_T1	D_Deslizamiento	33.88	2,176
Madera						
W-SLFB-1	S_W-SLFB-1	V_LF1	I_W1	D_Deslizamiento	152.46	9,787
Mampostería simple						
MS-SLSB-1	S_MS-SLSB-1	V_LS1	I_M1	D_Deslizamiento	323.20	25,406
MS-FLSB-2	S_MS-FLSB-2	V_LS2	I_M2	D_Deslizamiento	118.58	7,646
MS-RLSB-2	S_MS-RLSB-2	V_LS2	I_M2	D_Deslizamiento	16.11	3,815
Mampostería confinada						
MC-SLSB-1	S_MC-SLSB-1	V_LS1	I_M1	D_Deslizamiento	9.61	25,091
MC-RCSB-2	S_MC-RCSB-2	V_CS2	I_M2	D_Deslizamiento	220.21	14,179
Mampostería reforzada						
MR-SLSB-1	S_MR-SLSB-1	V_LS1	I_M1	D_Deslizamiento	267.82	16,892
MR-RLSB-2	S_MR-RLSB-2	V_LS2	I_M2	D_Deslizamiento	189.92	10,753
Pórticos en concreto						
PCR-SLSB-1	S_PCR-SLSB-1	V_LS1	I_C1	D_Deslizamiento	33.88	2,176
PCR-RLSB-2	S_PCR-RLSB-2	V_LS2	I_C2	D_Deslizamiento	20.65	355
PCR-RPSB-2	S_PCR-RPSB-2	V_PS2	I_C2	D_Deslizamiento	50.82	3,289
TOTAL					1,867.94	124,844

La Tabla 7-5, y la Figura 7-6 a Figura 7-8 muestran el número de registros que representan la distribución de los tipos estructurales empleados y las respectivas curvas de vulnerabilidad asociadas.

Tabla 7-5
Exposición por curva de vulnerabilidad

Sistema	Valor físico [US\$ millones]	Número de registros
BP-SLFB-1	16.94	1,114
R-SLFB-1	33.88	1,125
A-SPSB-1	33.88	1,125
W-SLFB-1	152.46	1,708
MS-SLSB-1	323.20	3,739
MS-FLSB-2	118.58	1,441
MS-RLSB-2	16.11	236
MC-SLSB-1	389.61	4,019
MC-RCSB-2	220.21	2,318
MR-SLSB-1	267.82	2,809
MR-RLSB-2	189.92	1,654
PCR-SLSB-1	33.88	1,125
PCR-RLSB-2	20.65	14
PCR-RPSB-2	50.82	1,149
TOTAL	1,867.94	23,576

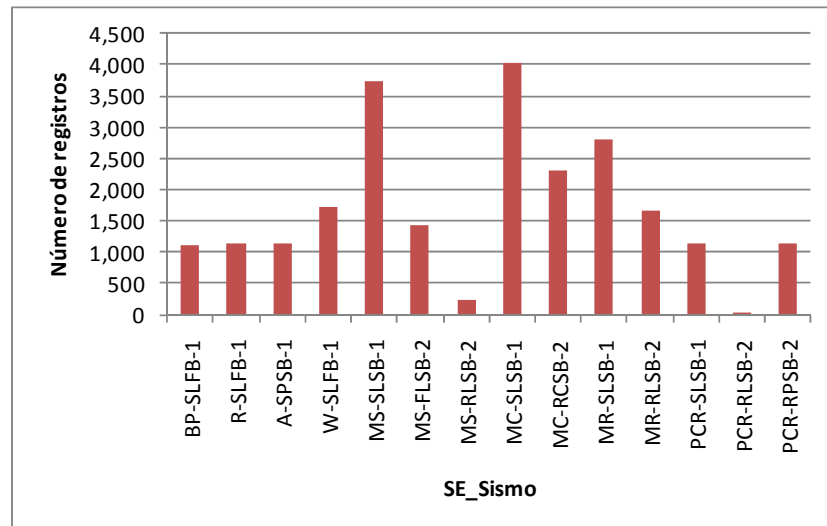


Figura 7-6
Número de registros según la curva de vulnerabilidad para sismo

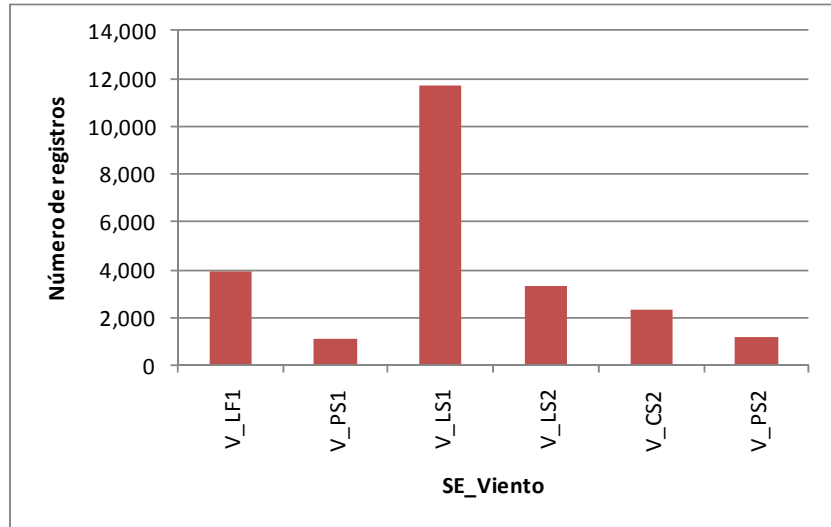


Figura 7-7

Número de registros según la curva de vulnerabilidad para viento

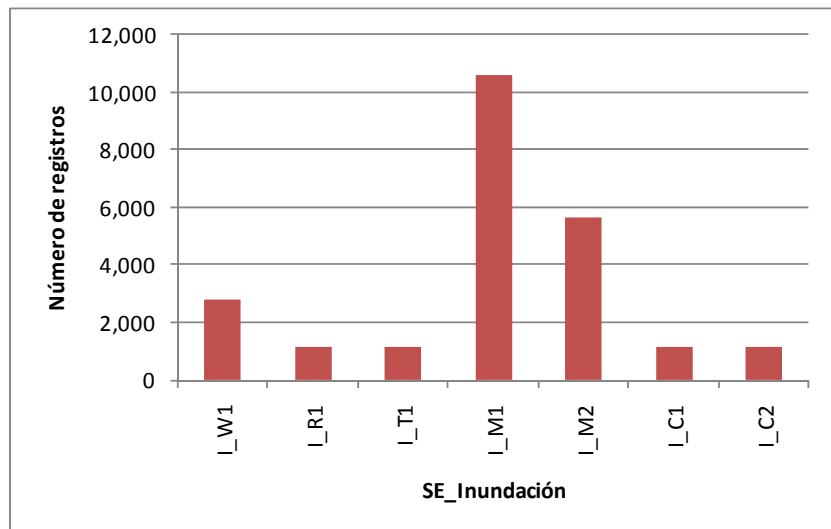


Figura 7-8

Número de registros según la curva de vulnerabilidad para inundación

Estos tipos estructurales se caracterizaron mediante las funciones de vulnerabilidad de pérdida física presentadas en la Figura 7-9 a Figura 7-12.

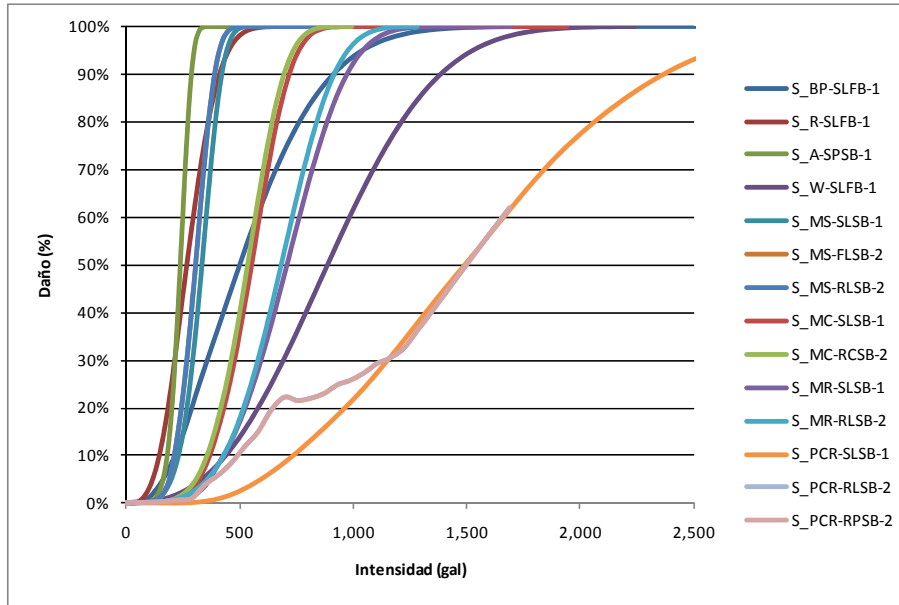


Figura 7-9
Curvas de vulnerabilidad por sismo empleadas

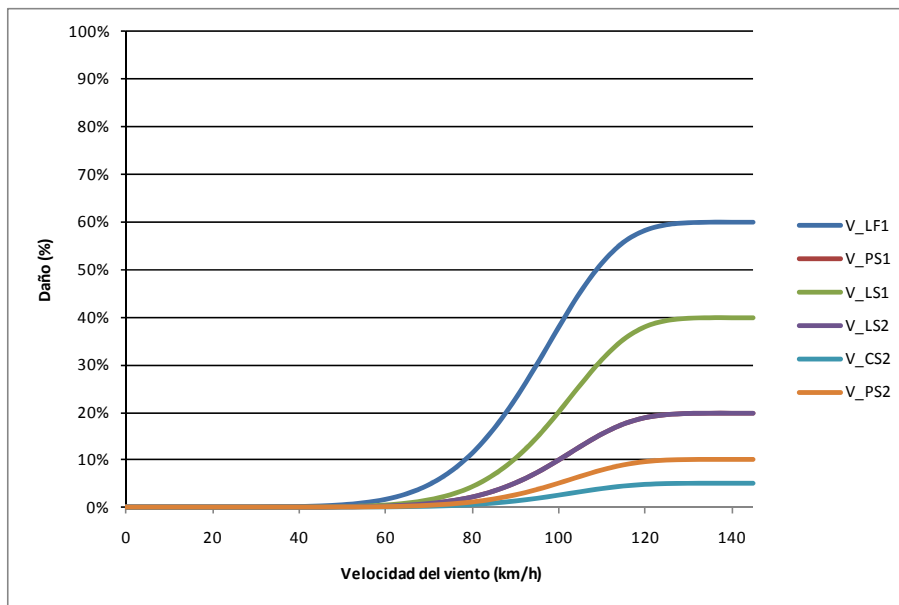


Figura 7-10
Curvas de vulnerabilidad por viento empleadas

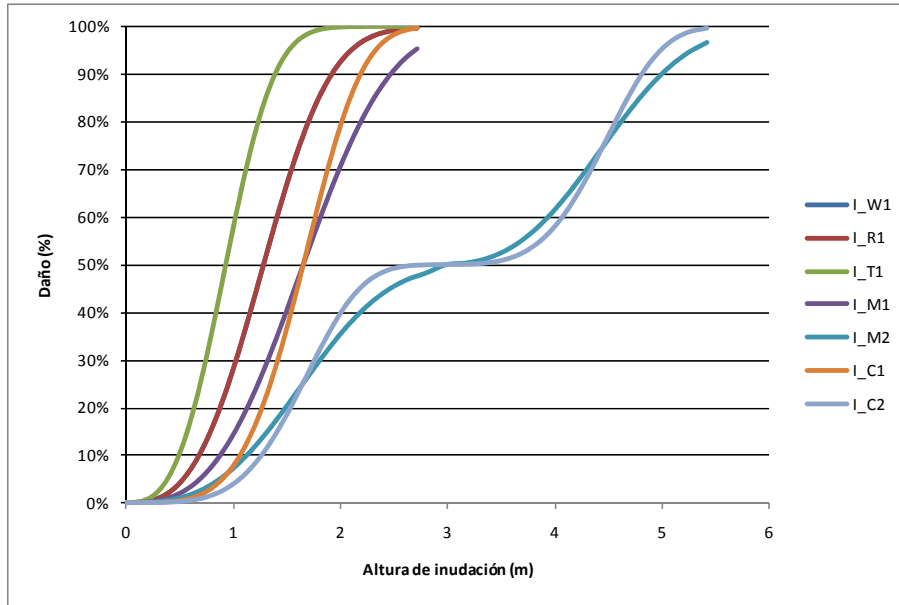


Figura 7-11
Curvas de vulnerabilidad por inundación empleadas

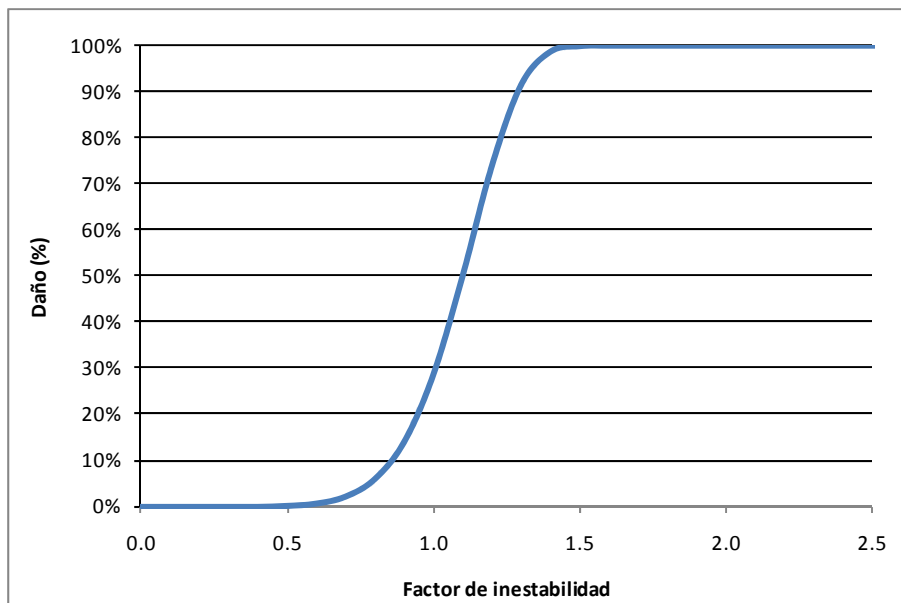


Figura 7-12
Curva de vulnerabilidad por deslizamiento empleada

8 Resultados de la evaluación

El análisis del riesgo se realiza siguiendo la metodología que se explica en detalle en el informe ERN-CAPRA-T3.2 (Modelo de Evaluación Probabilista del Riesgo, ERN 2010) y en el sitio www.ecapra.org se puede consultar en detalle la metodología de evaluación de pérdidas empleada en este estudio.

8.1 Evaluación probabilista del riesgo de desastre

La evaluación probabilista del riesgo se realizó para las temporalidades presentadas en la Tabla 8-1. Cada temporalidad se define como un conjunto de amenazas que ocurren de manera simultánea. En el presente caso, por tratarse de eventos independientes, las temporalidades definidas contienen una sola de las amenazas consideradas.

*Tabla 8-1
Temporalidades empleadas en el cálculo*

AMENAZA	TEMPORALIDAD	
	1	2
Sismo		
Huracán - Viento		

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación probabilista de pérdidas para El Progreso.

8.1.1 Resultados para Sismo

La Tabla 8-2 y la Figura 8-1 resumen los resultados de riesgo para la amenaza sísmica.

Tabla 8-2
Resultados generales para Sismo

Resultados		
Valor Expuesto	US\$ x10 ⁶	1,867.94
Pérdida Anual Esperada	US\$ x10 ⁶	2.29
	‰	1.22‰
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
años	US\$ x10 ⁶	%
250	72.85	3.90%
500	114.15	6.11%
1,000	163.19	8.74%
1,500	199.30	10.67%

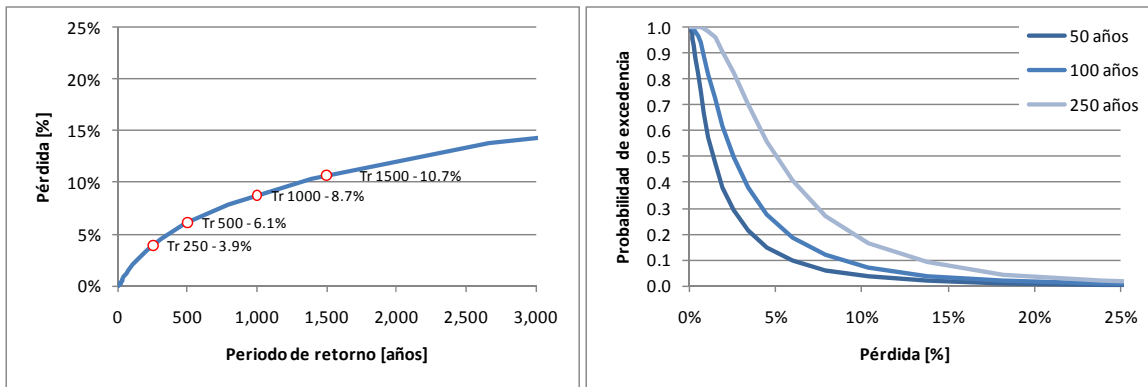


Figura 8-1

Resultados del análisis para sismo

(Izquierda: Curva de pérdida máxima probable, Derecha: Probabilidad de excedencia de pérdidas para diferentes periodos de exposición)

La Tabla 8-3 y la Figura 8-2 a Figura 8-5 presentan los resultados del riesgo sísmico agrupados según sistema estructural, número de pisos, grupo de uso y categoría socioeconómica.

Tabla 8-3
Resultados por sistema estructural

Sistema	Valor expuesto		Pérdida anual esperada	
	[US\$ millones]	[%]	[US\$ millones]	[%]
A-SPSB-1	33.88	1.81%	0.07	2.04‰
BP-SLFB-1	16.94	0.91%	0.17	9.93‰
MC-RCSB-2	220.21	11.79%	0.24	1.09‰
MC-SLSB-1	389.61	20.86%	0.04	0.11‰
MR-RLSB-2	189.92	10.17%	0.12	0.66‰
MR-SLSB-1	267.82	14.34%	0.01	0.05‰
MS-FLSB-2	118.58	6.35%	0.62	5.27‰
MS-RLSB-2	16.11	0.86%	0.09	5.30‰
MS-SLSB-1	323.20	17.30%	0.25	0.78‰
PCR-RLSB-2	20.65	1.11%	0.01	0.58‰
PCR-RPSB-2	50.82	2.72%	0.03	0.58‰
PCR-SLSB-1	33.88	1.81%	0.19	5.60‰
R-SLFB-1	33.88	1.81%	0.14	4.01‰
W-SLFB-1	152.46	8.16%	0.30	1.95‰
TOTAL	1,867.94	100.00%	2.29	1.22‰

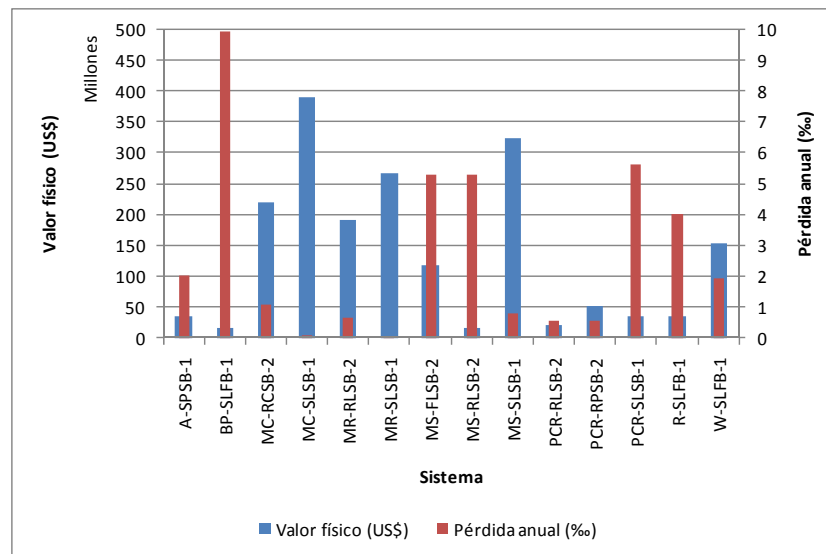


Figura 8-2
Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por sistema estructural

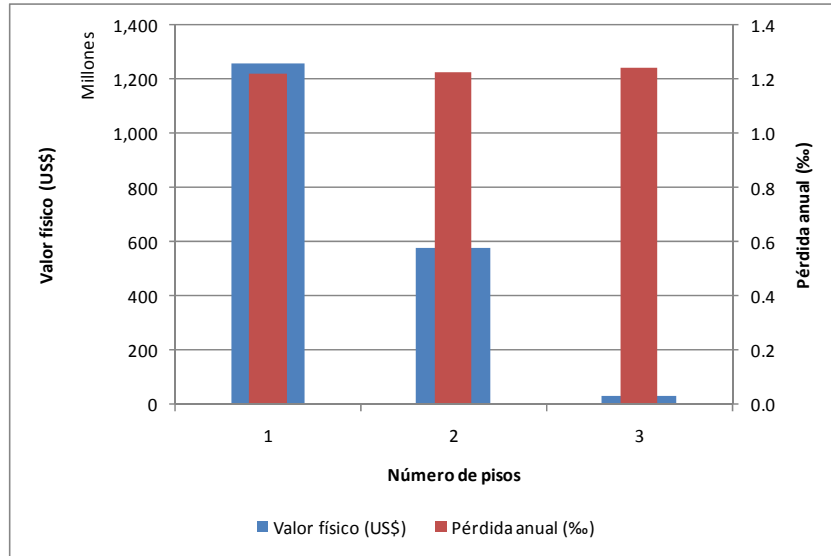


Figura 8-3

Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por número de pisos

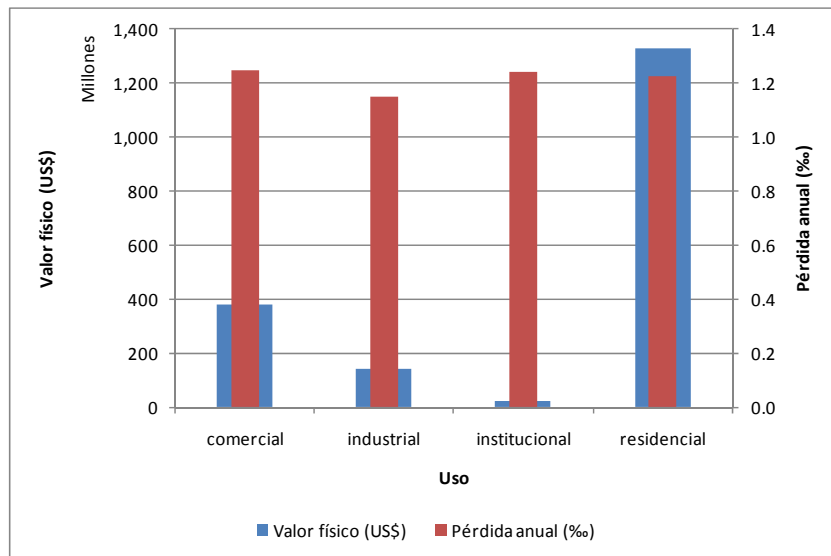


Figura 8-4

Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por uso

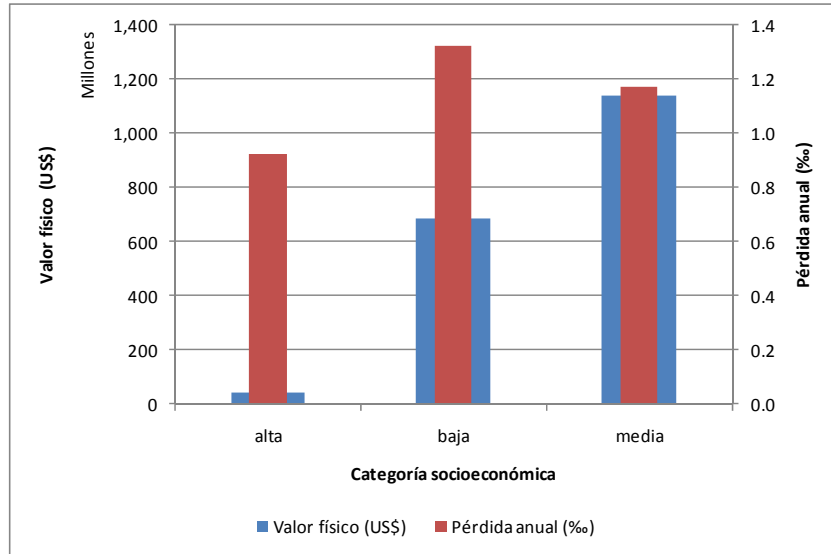


Figura 8-5
Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por categoría socioeconómica

8.1.2 Resultados para viento huracanado

La Tabla 8-4 y la Figura 8-6 resumen los resultados de riesgo por viento huracanado.

Tabla 8-4
Resultados generales para viento huracanado

Resultados		
Valor Expuesto	US\$ x10 ⁶	1,867.94
Pérdida Anual Esperada	US\$ x10 ⁶	21.78
	‰	11.66‰
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
años	US\$ x10 ⁶	%
50	233.99	12.53%
100	304.07	16.28%
250	389.89	20.87%
500	458.48	24.54%
1,000	508.24	27.21%
1,500	558.00	29.87%

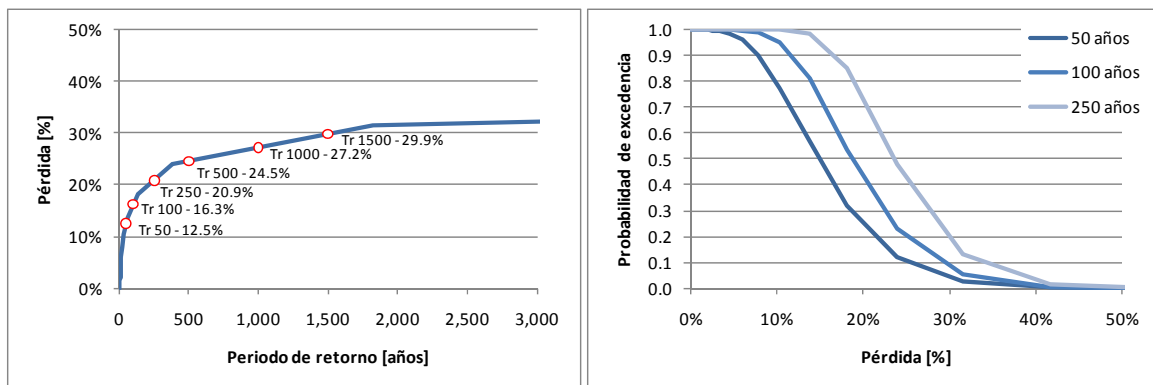


Figura 8-6

Resultados del análisis para viento huracanado

(Izquierda: Curva de pérdida máxima probable, Derecha: Probabilidad de excedencia de pérdidas para diferentes periodos de exposición)

Por otro lado la Tabla 8-5 y la Figura 8-7 a Figura 8-10 presentan los resultados de riesgo por viento huracanado agrupados según sistema estructural, número de pisos, grupo de uso, y categoría socioeconómica.

Tabla 8-5
Resultados por sistema estructural

Sistema	Valor expuesto		Pérdida anual esperada	
	[US\$ millones]	[%]	[US\$ millones]	[‰]
A-SPSB-1	33.88	1.81%	0.24	6.95‰
BP-SLFB-1	16.94	0.91%	0.38	22.26‰
MC-RCSB-2	220.21	11.79%	0.38	1.74‰
MC-SLSB-1	389.61	20.86%	5.42	13.90‰
MR-RLSB-2	189.92	10.17%	1.31	6.88‰
MR-SLSB-1	267.82	14.34%	3.72	13.88‰
MS-FLSB-2	118.58	6.35%	0.82	6.95‰
MS-RLSB-2	16.11	0.86%	0.11	6.71‰
MS-SLSB-1	323.20	17.30%	4.48	13.87‰
PCR-RLSB-2	20.65	1.11%	0.14	6.71‰
PCR-RPSB-2	50.82	2.72%	0.18	3.47‰
PCR-SLSB-1	33.88	1.81%	0.47	13.90‰
R-SLFB-1	33.88	1.81%	0.75	22.26‰
W-SLFB-1	152.46	8.16%	3.39	22.26‰
TOTAL	1,867.94	100.00%	21.78	11.66‰

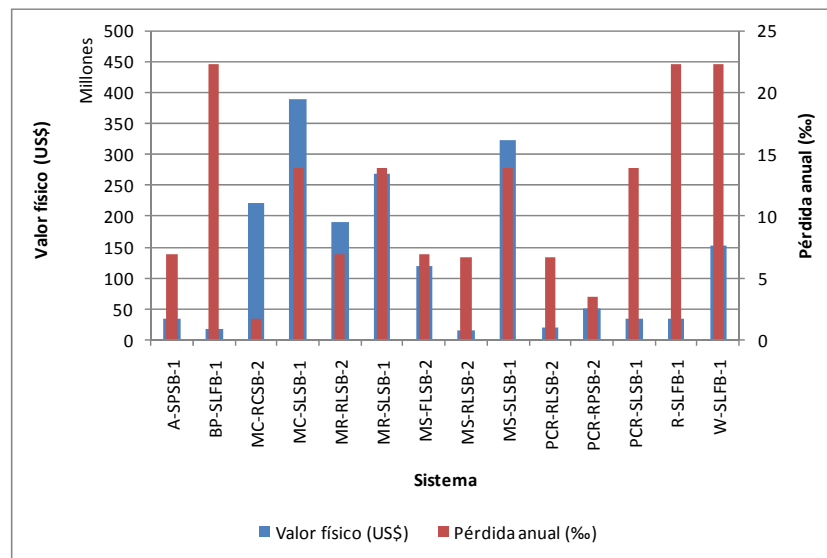


Figura 8-7
Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por sistema estructural

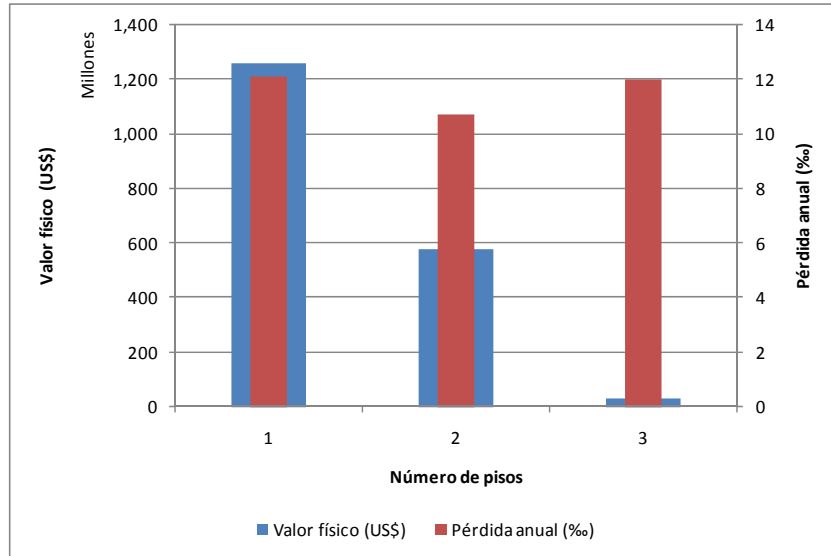


Figura 8-8

Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por número de pisos

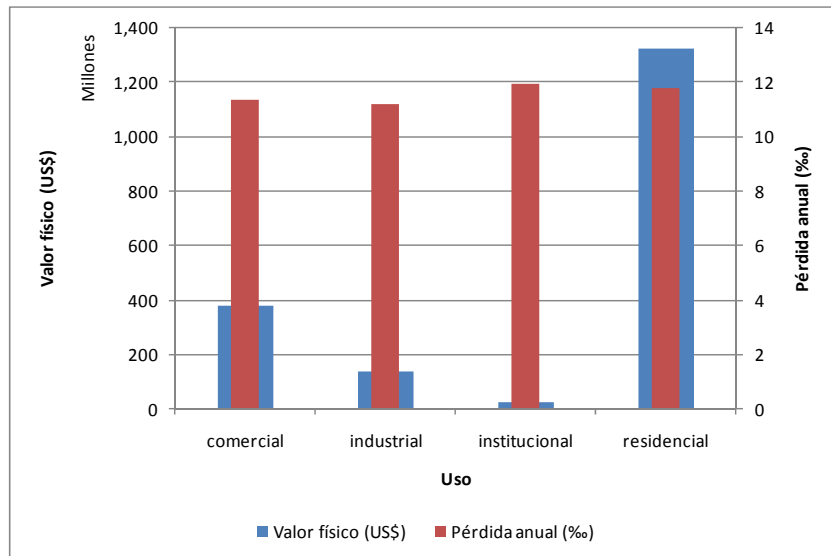


Figura 8-9

Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por uso

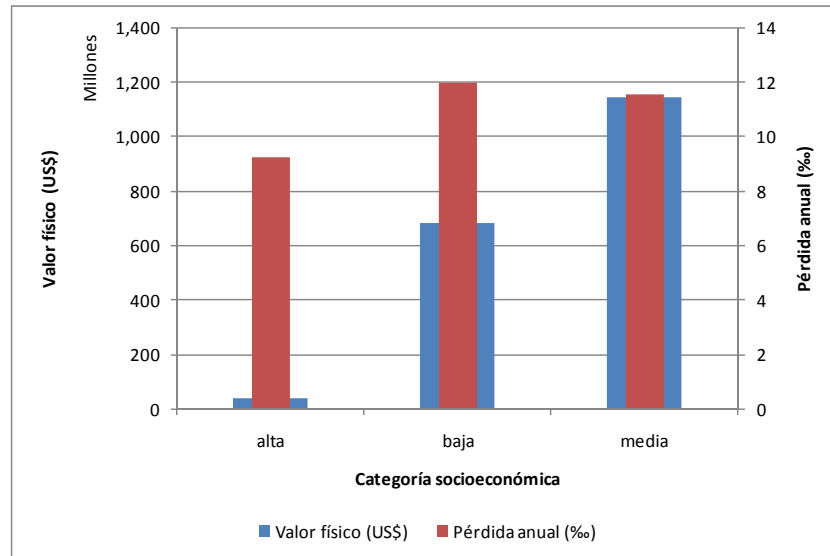


Figura 8-10

Valor físico y pérdida anual esperada (al millar del valor expuesto) por categoría socioeconómica

8.1.3 Resultados agrupados

La Tabla 8-6 y la Figura 8-11 presentan los resultados para todas las temporalidades analizadas, en forma conjunta. El resultado corresponde a la suma de las tasas de excedencia de pérdida, de las curvas de excedencia obtenidas para cada temporalidad de cálculo.

Tabla 8-6
Resultados generales

Resultados		
Valor Expuesto	US\$ x10 ⁶	1,867.94
Pérdida Anual Esperada	US\$ x10 ⁶	24.07
	‰	12.89‰
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
años	US\$ x10 ⁶	%
250	392.65	21.02%
500	460.09	24.63%
1,000	512.25	27.42%
1,500	564.42	30.22%

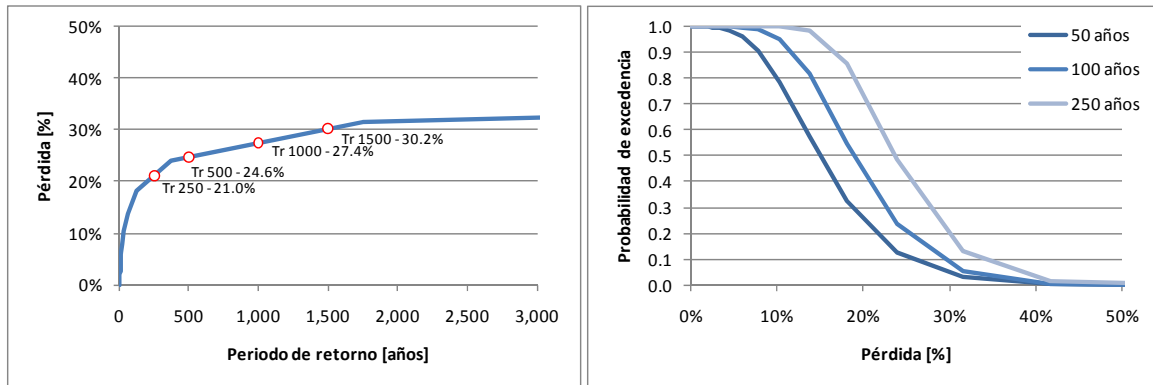


Figura 8-11
Resultados análisis

(Izquierda: Curva de pérdida máxima probable, Derecha: Probabilidad de excedencia de pérdidas para diferentes periodos de exposición)

8.1.4 Mapas de riesgo

La información anterior se puede visualizar mediante mapas de riesgo, en los cuales se presenta la distribución geográfica de la pérdida anual esperada para cada elemento expuesto. Los resultados se presentan al millar del valor de reposición y en valor económico. Los mapas de riesgo de El Progreso se presentan a continuación.

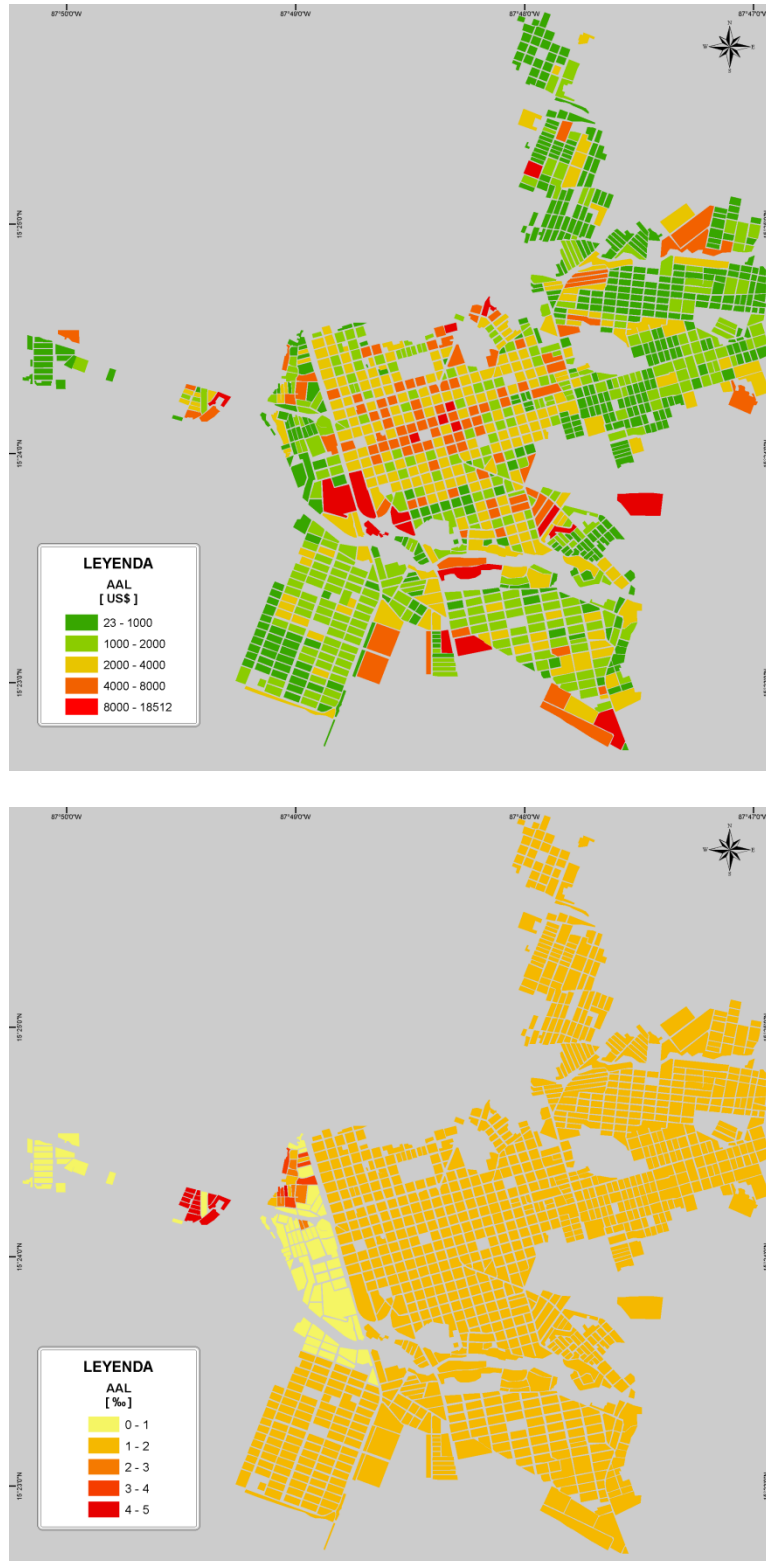


Figura 8-12
Pérdida anual esperada por manzana para sismo
 (Arriba: en valor, US\$; abajo: al millar del valor expuesto)

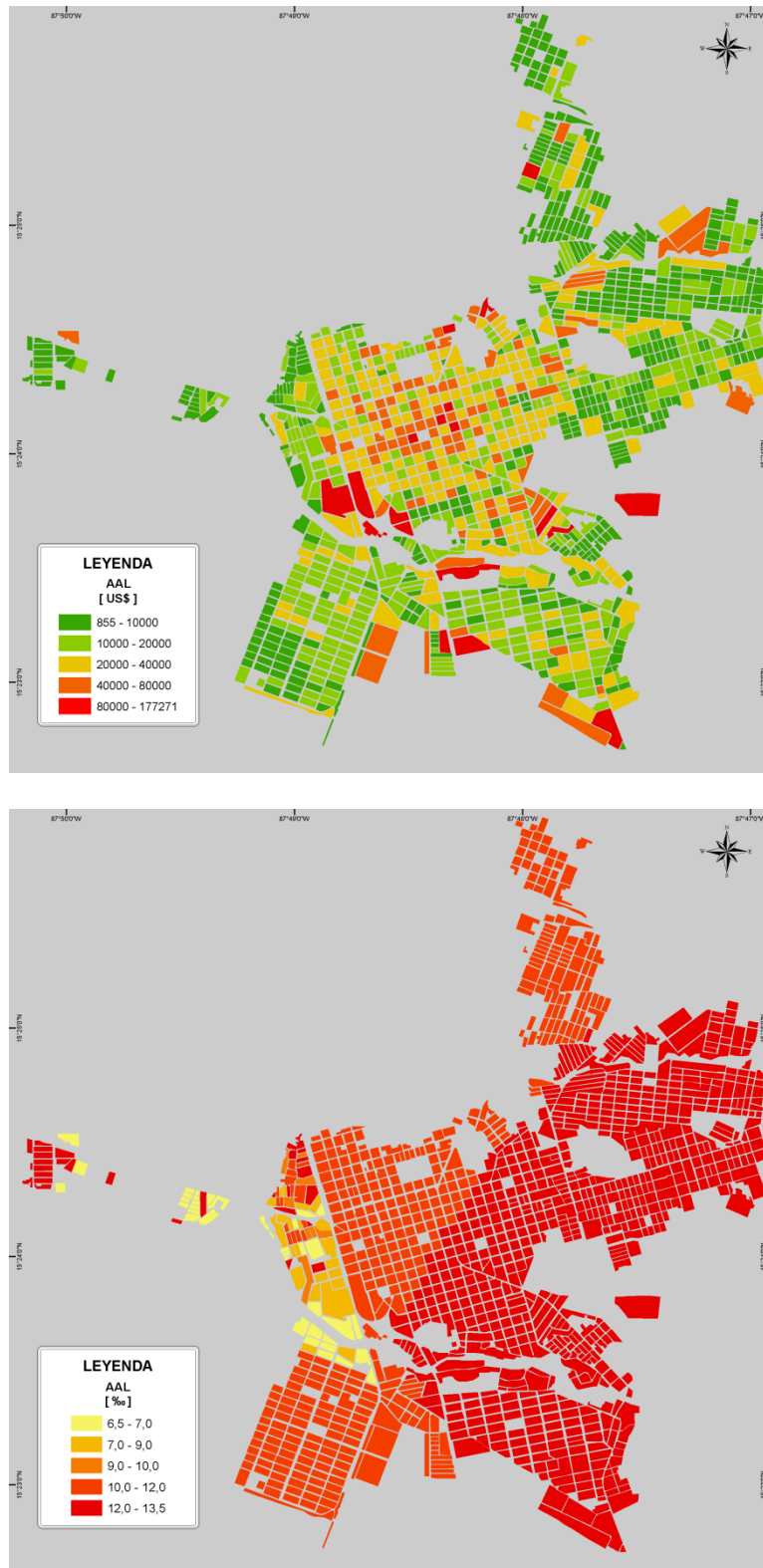


Figura 8-13
Pérdida anual esperada por manzana para viento huracanado
(Arriba: en valor, US\$; abajo: al millar del valor expuesto)

8.2 Análisis determinista del riesgo por inundación y deslizamiento

La estimación del escenario de amenaza determinista y la simulación de las pérdidas esperadas que se derivan del evento seleccionado se llevaron a cabo utilizando las herramientas de evaluación de amenaza y riesgo de CAPRA GIS (ver www.ecapra.org). Esta plataforma permite realizar evaluaciones de amenaza, la asignación de las curvas de vulnerabilidad y el cálculo de riesgo para una base de exposición determinada. Los resultados se condensan en una serie de tablas y figuras que dan cuenta de la distribución general y espacial de las pérdidas económicas.

8.2.1 Resultados para inundación

La Tabla 8-7 resume los resultados encontrados para el escenario seleccionado de inundación inducido por lluvia huracanada, en términos de pérdidas económicas con respecto a los valores expuestos correspondientes. Por otra parte, la Tabla 8-8 resume los resultados encontrados para cada sistema estructural identificado.

Tabla 8-7
Valor expuesto y pérdida económica

Resultados		
Exposición	Física	
Valor Expuesto	US\$	\$ 1,867,940,605
Pérdida Económica	US\$	\$ 28,851,776
	%	\$ 1.54

Tabla 8-8
Resultados por sistema estructural (valores expuestos y pérdida esperada)

Sistema	Valor Expuesto		Pérdida esperada		
	[US\$]	[%]	[US\$]	[% de la pérdida total]	[% del valor expuesto]
BP-SLFB-1	16,939,522	0.91	197,208	0.68	1.16
R-SLFB-1	33,879,044	1.81	296,667	1.03	0.88
A-SPSB-1	33,879,044	1.81	369,594	1.28	1.09
W-SLFB-1	152,455,698	8.16	1,359,109	4.71	0.89
MS-SLSB-1	323,199,571	17.30	7,248,620	25.12	2.24
MS-FLSB-2	118,576,654	6.35	501,894	1.74	0.42
MS-RLSB-2	16,107,316	0.86	1,317,996	4.57	8.18
MC-SLSB-1	389,609,007	20.86	3,244,916	11.25	0.83
MC-RCSB-2	220,213,787	11.79	1,152,772	4.00	0.52
MR-SLSB-1	267,817,087	14.34	2,570,767	8.91	0.96
MR-RLSB-2	189,916,906	10.17	4,501,618	15.60	2.37
PCR-SLSB-1	33,879,044	1.81	304,490	1.06	0.90
PCR-RLSB-2	20,649,360	1.11	5,515,916	19.12	26.71
PCR-RPSB-2	50,818,566	2.72	270,209	0.94	0.53
TOTAL	1,867,940,605	100	28,851,776	100	1.54

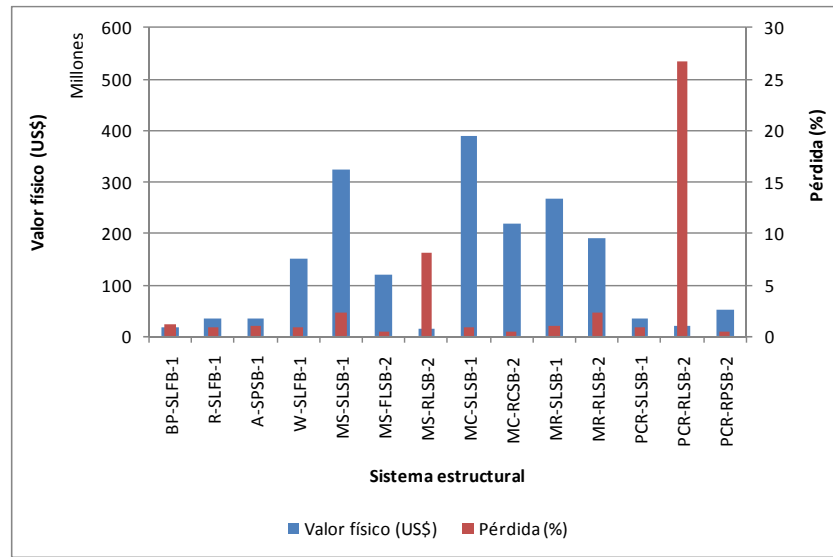


Figura 8-14
Pérdida por sistema estructural (como porcentaje del valor expuesto)

Los anteriores resultados se pueden visualizar mediante mapas que ilustran la distribución geográfica de pérdidas. La Figura 8-15 presenta la distribución geográfica de pérdidas esperadas en porcentaje y en valor monetario para el escenario seleccionado de inundación.

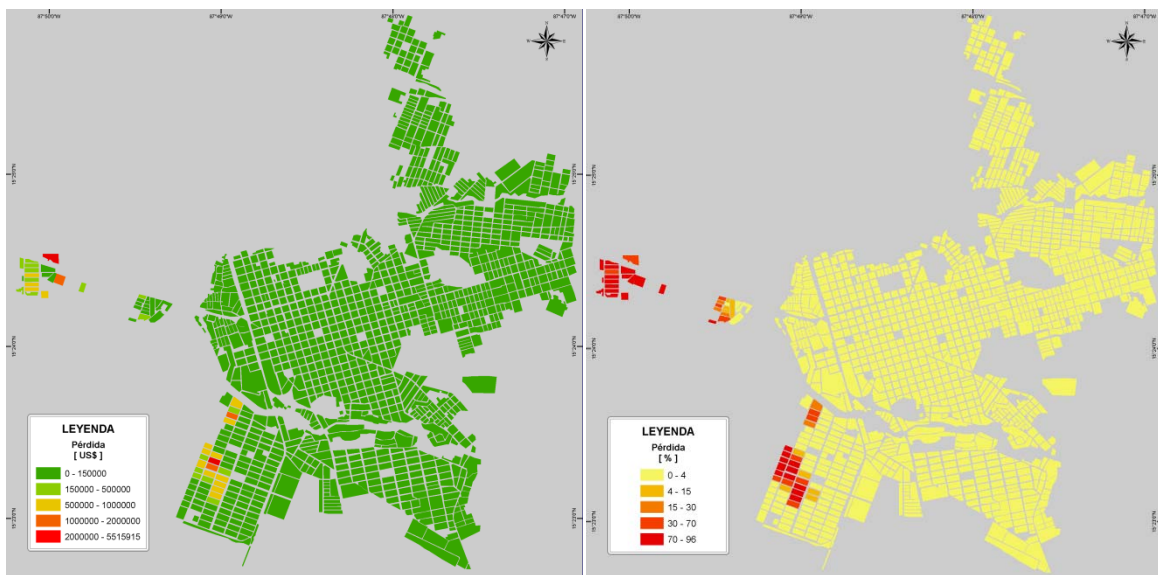


Figura 8-15
Pérdida esperada por manzana para el escenario seleccionado (Izquierda: en valor, US\$; derecha: porcentaje del valor expuesto)

8.2.2 Resultados para deslizamiento

La Tabla 8-9 resume los resultados encontrados para el escenario seleccionado en términos de pérdidas económicas con respecto a los valores expuestos correspondientes.

Tabla 8-9
Valor expuesto y pérdida económica

Resultados		
Exposición	Física	
Valor Expuesto	US\$	\$ 1,867,940,605
Pérdida Económica	US\$	\$0.0
	%	0.0

Los resultados presentados en la Tabla 8-9 indican que la amenaza de deslizamiento, calculada con la metodología presentada en este estudio, no induce ningún nivel de riesgo sobre la población e infraestructura expuestas. Este resultado debe entenderse de manera conjunta con el alcance y limitaciones del modelo de amenaza empleado en la simulación. Este modelo permite estimar la susceptibilidad a los deslizamientos de la región de análisis en términos del factor de inestabilidad (inverso al factor de seguridad), pero no incluye evaluaciones acerca del volumen de tierra deslizado, su velocidad, o su localización y disposición final una vez terminado el movimiento. Por esta razón, la actual evaluación determinista de riesgo debe verse como una primera aproximación a un problema complejo, el cual requiere de mejoras significativas que permitan estimar de manera más adecuada la amenaza y las pérdidas esperadas, así como trasladar el análisis al campo probabilista, de manera que los resultados obtenidos sean comparables y acumulables con lo calculado para otras amenazas naturales.

9 Conclusiones y Recomendaciones

El análisis de riesgo por sismo, huracán (viento huracanado), inundación y deslizamiento presentado para El Progreso debe verse como una plataforma inicial que permite la cuantificación y calificación del riesgo en el municipio en cualquier instante de tiempo (según la mejor información disponible) y que debe servir de base para que mediante la complementación paulatina de la información se convierta en el corto plazo en una evaluación integral de riesgo para efectos de toma de decisiones.

La amenaza que controla el riesgo en el municipio es la de huracán. Para dicha amenaza la pérdida máxima probable para un período de retorno de 500 años es igual a US\$ 458 millones, lo que equivale al 1.9% del PIB del país y al 24.5% del valor total expuesto del municipio.

La prima pura de riesgo global calculada para la ciudad se considera alta (12.9‰), presentando un gran aporte en pérdida por efecto de los huracanes (prima pura de 11.6‰), debido principalmente a las condiciones de amenaza de la ciudad, susceptible al tránsito de huracanes provenientes de la cuenca del atlántico.

La prima pura por sismo tiene un valor bajo (1.2‰), en comparación a la calculada para huracán (11.6‰). No obstante, debe ser considerada dentro de la estrategia de gestión particular que adopte la ciudad, dado que aporta un componente importante de las pérdidas futuras. Esto se refleja en los valores obtenidos de PML, donde, para 500 años de periodo de retorno, la pérdida esperada corresponde al 6.1% del total del valor expuesto.

Al evaluar el escenario de inundación debido a lluvia huracanada se obtuvo una pérdida de US\$ 29 millones correspondiente al 1.5% del valor expuesto del municipio, lo que indica la vulnerabilidad del municipio ante esta amenaza, y la importancia de la implementación de estrategias de gestión del riesgo para esta población. El resultado obtenido corresponde a una evaluación determinista de una inundación seleccionada como la más crítica para la población. A medida que la información lo permita, el análisis puede ampliarse al campo probabilista, de manera que los resultados sean comparables con los obtenidos por efecto de las demás amenazas consideradas.

La pérdida asociada al escenario de deslizamiento es nula. Es importante tener en cuenta que este resultado corresponde a una evaluación determinista con un modelo de amenaza aproximado, que no considera la totalidad de los efectos asociados a los deslizamientos, en especial de grandes volúmenes de tierra. Por lo tanto, esta evaluación debe verse como una primera aproximación a un problema complejo, el cual requiere de mejoras significativas que permitan estimar de manera más adecuada la amenaza y las pérdidas esperadas. Adicionalmente, a medida que la información lo permita, el análisis puede ampliarse al campo probabilista, de manera que los resultados sean comparables con los obtenidos por efecto de las demás amenazas consideradas.

A continuación se dejan explícitas las limitaciones en la información utilizada para los análisis, lo cual debe servir de base para los planes de trabajos y estudios futuros por parte del municipio con miras a mejorar la calidad y confiabilidad de estos resultados preliminares.

- (a) Información de amenaza sísmica: es susceptible de mejorar, al considerar fallas locales y efectos de sitio, los cuales no se han incluido en el presente análisis por falta de información. También es muy importante mantener actualizado el catálogo de eventos pasados con la mayor cantidad de información relacionada con efectos, daños e impactos producidos.
- (b) Información de amenaza por vientos huracanados: se puede considerar de buena calidad y completa para efectos del presente análisis. El costo y tiempo requerido para mejorar este tipo de información es muy alto y requiere sobre todo de la disponibilidad de más y mejor información. Resulta de la mayor importancia mantener el catálogo de eventos actualizado y con mejor información para efectos de calibración y ajuste de los modelos.
- (c) Información de amenaza por deslizamientos: es susceptible de mejorar en forma significativa, especialmente lo relacionado con la altimetría detallada de la zona. También es muy importante mantener actualizado el catálogo de eventos pasados con la mayor cantidad de información relacionada con efectos, daños e impactos producidos.
- (d) Información de exposición: debe recurrirse a la base catastral de la población. El modelo utilizado en el presente análisis solo sirve con propósitos ilustrativos e indicativos de valores globales a esperar. Para efectos de resultados para toma de decisiones debe contarse con la base catastral del municipio y con índices oficiales de ocupación y costos. Alternativamente deben plantearse programas de levantamiento de información con base en visitas de campo intensivas.
- (e) Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan en el mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación. Estos trabajos deben basarse en modelaciones analíticas y experimentales de los tipos constructivos típicos del municipio y en observaciones del comportamiento de tipos constructivos característicos ante eventos determinados.
- (f) Los resultados de los análisis de riesgo y su interpretación para la toma de decisiones debe realizarse de manera conjunta con las entidades y especialistas a cargo de cada uno de los aplicativos que pueden derivarse de estos resultados.

Los resultados presentados anteriormente dependen directamente de la calidad y tipo de información suministrada al modelo. Entre más detallada y confiable sea la información, menor será la incertidumbre asociada a los resultados y por lo tanto el proceso de toma de decisiones podrá realizarse con mayor nivel de confianza.

En particular se hace especial énfasis en actualizar la información referente a:

- Inventario de construcciones expuestas incluyendo sus características principales.
- Valoración de activos, sus contenidos y posibles pérdidas consecuenciales.
- Identificación de tipos estructurales dominantes y distribución dentro del municipio.
- Categorización de tipos de contenidos, calificación y valoración.
- Calificación de la vulnerabilidad estructural y humana ante las diferentes fuentes de amenaza.
- Inventario, valoración y calificación de toda la infraestructura complementaria expuesta incluyendo vías, puentes, infraestructura de servicios públicos, instalaciones industriales importantes, plantas de generación de energía, aeropuertos y en general toda la infraestructura expuesta relevante del país.

Mediante una información más detallada especialmente de infraestructura expuesta el sistema CAPRA permitiría realizar las siguientes evaluaciones complementarias:

- (a) Identificación de infraestructura crítica para el municipio en términos de peligrosidad, valor expuesto, ocupación humana y otros criterios. Esto con el fin de priorizar inversión pública en recuperación o modernización de elementos claves para el desarrollo.
- (b) Evaluación del riesgo por sectores incluyendo residencial, industrial, comercial, salud, educación, públicos y otros.
- (c) Requerimientos de reforzamiento de activos públicos, especialmente edificaciones indispensables y de atención a la comunidad.
- (d) Estimación del riesgo de activos privados para estratos bajos, medios y altos con fines de protección financiera y concientización del riesgo.
- (e) Análisis de vulnerabilidad y requerimiento de reforzamiento para mitigación de impactos de los sistemas de servicios públicos que puedan verse afectados por los fenómenos que se analizan.
- (f) Requerimientos especiales para los planes de ordenamiento territorial, definición de zonas de alto riesgo, restricciones susceptibles de inundación o deslizamiento, reubicación de viviendas o edificaciones indispensables y otras.

Finalmente, un análisis más detallado de la información que se presenta en este documento sirve de base para realizar una serie de análisis complementarios para efectos de los planes y preparativos de emergencia del municipio, incluyendo los siguientes:

- (a) Sector salud: requerimientos de atención médica para heridos, centros de atención de emergencia, ubicación, requerimientos de servicios públicos, personal médico, ambulancias, organización del tema de víctimas mortales.
- (b) Seguridad: requerimientos de seguridad en los instantes y días posteriores al evento en cuanto a organización policial y del ejército. Posibilidad de problemas sociales por falta de alimentos o de servicios.
- (c) Atención de la emergencia: planeación de las diferentes acciones posteriores a la ocurrencia del desastre tales como reconocimiento, identificación y clausura de edificaciones afectadas, demoliciones, avisos a la población, cuadrillas de rescate, manejo de donaciones, suministros de alimentación, viviendas temporales, manejo de residuos, disponibilidad de maquinaria, etc.
- (d) Requerimientos de viviendas temporales, campamentos, comida, víveres, suministros, atención médica post-emergencia, etc. Problemática de la vivienda de interés social.
- (e) Problemática de personas sin empleo o lugar de trabajo según zonas, requerimientos inmediatos, afectación de la producción, efectos a largo plazo, medidas de mitigación de impactos.
- (f) Planes de contingencia para los diferentes sectores de servicios públicos y sociales incluyendo suministro de agua, energía, gas, transporte público, generación de energía, telecomunicaciones y otras.
- (g) Pérdidas económicas esperadas, efectos en el mediano y largo plazo en las finanzas públicas, necesidades de mecanismos de transferencia del riesgo, planes de aseguramiento, proyección hacia el futuro.

El análisis de riesgo con las herramientas indicadas se convierte por lo tanto en un elemento fundamental en la gestión integral del riesgo, factor clave para el desarrollo económico y social. El proceso exige la participación activa de entidades públicas, universidades, sector privado y de la comunidad en general relacionada con esta temática.

10 Referencias

- Instituto Nacional de Estadística, Honduras, <http://www.ine-hn.org/censo2001/indexcenso2001.html>
- Plan de Prevención y Preparación a Desastres en El Progreso Yoro, <http://www.scribd.com/doc/31134400/Plan-de-Prevencion-y-Preparacion-a-Desastres-en-El-Progreso-Yoro>
- <http://cidbimena.desastres.hn/ri-hn/pdf/spa/doc12663/doc12663-contenido.pdf>
- El Progreso, http://es.wikipedia.org/wiki/El_Progreso_%28Honduras%29
- Huracán Mitch, Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/Hurac%C3%A1n_Mitch
- Catalogo de sismos de USGS para Honduras. http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_rect.html
Catalogo-PDE
- HAZUS MH MR3. Multi-hazard loss estimation methodology. FEMA. <http://www.fema.gov>
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Metodología de Análisis Probabilista de Riesgos. Informe ERN-CAPRA-T3.2. <http://www.ecapra.org>. 2010.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Modelación Probabilista de Amenazas Naturales. Informe ERN-CAPRA-T1.3. <http://www.ecapra.org>. 2010.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Plataforma para la Evaluación Probabilista de Riesgo CAPRA-GIS. <http://www.ecapra.org>. 2010.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN - América Latina. Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales. Informe ERN-CAPRA-T1.2. <http://www.ecapra.org>. 2010.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN - América Latina. Revisión de eventos históricos importantes. Informe ERN-CAPRA-T1.1B-HONDURAS. <http://www.ecapra.org>. 2010.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN - América Latina. Revisión de estudios de amenaza existentes. Informe ERN-CAPRA-T1.1A HONDURAS. <http://www.ecapra.org>. 2010.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN - América Latina. Propuesta de Funciones e Indicadores de Vulnerabilidad. Informe ERN-CAPRA-2.2. <http://www.ecapra.org>. 2010.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN - América Latina. Caracterización, Clasificación y Valoración de Elementos Expuestos. Informe ERN-CAPRA-T2.1. <http://www.ecapra.org>. 2010.