

## **CAPRA**

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

# **EL SALVADOR**

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

**INFORME TÉCNICO ERN-CAPRA-T4.2E**  
**ESQUEMA DE ASEGURAMIENTO POR**  
**TERREMOTO PARA SAN SALVADOR**





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

**Consortio conformado por:**

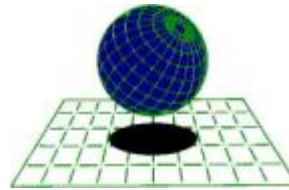
**Colombia**

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](http://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

---

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>Introducción.....</b>   | <b>1-1</b> |
| <b>2</b> | <b>Portafolio de edificaciones y parámetros.....</b>             | <b>2-1</b> |
| 2.1      | Caracterización de la base de datos de análisis .....            | 2-1        |
| 2.2      | Caracterización de valores asegurables y pérdidas esperadas..... | 2-2        |
| 2.3      | Grupos de análisis para el esquema de aseguramiento .....        | 2-3        |
| <b>3</b> | <b>Resultados de riesgo por sectores.....</b>                    | <b>3-1</b> |
| 3.1      | Portafolio completo.....   | 3-1        |
| 3.2      | Nivel socio-económico bajo .....                                 | 3-2        |
| 3.3      | Nivel socioeconómico medio .....                                 | 3-3        |
| 3.4      | Nivel socioeconómico alto.....                                   | 3-4        |
| <b>4</b> | <b>Estimación de primas considerando compensación .....</b>      | <b>4-1</b> |
| 4.1      | Aseguramiento con compensación de primas.....                    | 4-1        |
| 4.1.1    | <i>Compensación por niveles socio-económicos .....</i>           | <i>4-1</i> |
| 4.1.2    | <i>Compensación por límite de valor expuesto.....</i>            | <i>4-2</i> |
| <b>5</b> | <b>Conclusiones .....</b>  | <b>5-1</b> |
| <b>6</b> | <b>Referencias.....</b>  | <b>6-1</b> |

## Índice de figuras

---

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 2-1 DISTRIBUCIÓN DE ZONAS HOMOGÉNEAS URBANAS POR USO .....   | 2-1 |
| FIGURA 2-2 DISTRIBUCIÓN DEL VALOR EXPUESTO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA POR USO .....                             | 2-2 |
| FIGURA 2-3 DISTRIBUCIÓN DEL VALOR EXPUESTO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA POR CATEGORÍA SOCIO-<br>ECONÓMICA.....    | 2-3 |
| FIGURA 2-4 DISTRIBUCIÓN DE ZONAS HOMOGÉNEAS Y NÚMERO APROXIMADO DE EDIFICACIONES POR USO<br>.....             | 2-4 |
| FIGURA 2-5 DISTRIBUCIÓN DE VALOR EXPUESTO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA POR GRUPO.....                             | 2-4 |
| FIGURA 3-1 VARIACIÓN DEL PML CON EL PERIODO DE RETORNO .....  | 3-1 |
| FIGURA 3-2 CURVA TASA DE EXCEDENCIA DE PÉRDIDAS .....   | 3-1 |
| FIGURA 3-3 PROBABILIDAD EXCEDENCIA DE PÉRDIDAS PARA VARIOS TIEMPOS DE EXPOSICIÓN .....                        | 3-2 |
| FIGURA 3-6 VARIACIÓN DEL PML CON EL PERIODO DE RETORNO .....  | 3-2 |
| FIGURA 3-7 CURVA TASA DE EXCEDENCIA DE PÉRDIDAS .....   | 3-2 |
| FIGURA 3-8 VARIACIÓN DEL PML CON EL PERIODO DE RETORNO .....  | 3-3 |
| FIGURA 3-9 CURVA TASA DE EXCEDENCIA DE PÉRDIDAS .....   | 3-3 |
| FIGURA 3-10 VARIACIÓN DEL PML CON EL PERIODO DE RETORNO .....   | 3-4 |
| FIGURA 3-11 CURVA TASA DE EXCEDENCIA DE PÉRDIDAS .....  | 3-4 |
| FIGURA 4-1 DISTRIBUCIÓN DE VALOR EXPUESTO Y PÉRDIDA ANUAL ESPERADA POR GRUPO LUEGO DEL<br>SEGURO CRUZADO..... | 4-2 |

## Índice de tablas

---

|   |     |
|---|-----|
| TABLA 2-1 INFORMACIÓN DE LA BASE DE DATOS .....   | 2-1 |
| TABLA 2-2 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA BASE DE DATOS DE LAS EDIFICACIONES..                           | 2-2 |
| TABLA 2-3 RESUMEN DE VALORES PARA GRUPOS DE ANÁLISIS.....   | 2-3 |
| TABLA 3-1 PÉRDIDA ANUAL ESPERADA Y PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE.....   | 3-1 |
| TABLA 3-2 PÉRDIDA ANUAL ESPERADA Y PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE PARA EDIFICACIONES DEL NIVEL<br>SOCIO-ECONÓMICO BAJO.....  | 3-2 |
| TABLA 3-3 PÉRDIDA ANUAL ESPERADA Y PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE PARA EDIFICACIONES DEL NIVEL<br>SOCIO-ECONÓMICO MEDIO..... | 3-3 |
| TABLA 3-4 PÉRDIDA ANUAL ESPERADA Y PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE PARA EDIFICACIONES DEL NIVEL<br>SOCIO-ECONÓMICO ALTO.....  | 3-4 |
| TABLA 4-1 RESULTADOS COMPENSACIÓN DE PÉRDIDAS O SEGURO CRUZADO .....  | 4-2 |
| TABLA 4-2 PERDIDAS ANUALES RESPECTO DEL LÍMITE DE VALOR EXPUESTO (SUBSIDIADOS) .....                                  | 4-3 |
| TABLA 4-3 PERDIDAS ANUALES RESPECTO DEL LÍMITE DE VALOR EXPUESTO (APORTANTES) .....                                   | 4-3 |

# 1 Introducción

---

En términos generales, las ciudades de países en desarrollo, en particular para el caso de Latinoamérica y el Caribe, se encuentran expuestas a altos riesgos asociados a fenómenos de la naturaleza, en particular para el caso de sismo y huracán. Para el caso de ocurrencia de un fenómeno con características desastrosas, es previsible la ocurrencia de altas pérdidas económicas asociadas a los diferentes grupos de infraestructura expuesta tales como las construcciones privadas de tipo residencial, comercial, industrial y demás, las construcciones del sector salud y educación tanto privadas como públicas, las construcciones de uso gubernamental, la infraestructura de servicios públicos y sus edificaciones, en algunos caso públicas y otras privadas mediante mecanismos de concesiones, y finalmente toda la infraestructura general de los gobiernos de los municipios, departamentos y del país mismo, tales como vías, puentes, sistema de generación y distribución de energía, agua y gas, hidrocarburos, puertos, aeropuertos y demás sistemas complementarios.

Para minimizar el impacto financiero que dicho evento con características catastróficas puede llegar a generar es necesario definir y poner en marcha una estrategia financiera de largo plazo para reducir la conocida vulnerabilidad fiscal de los gobiernos a nivel de ciudades o entes regionales o el país mismo. Esta estrategia incluye la definición de una estructura de retención y transferencia balanceada del riesgo.

La retención del riesgo debe estar cubierta en general por fondos de reservas, apropiaciones presupuestales o créditos contingentes que permitan en el instante mismo de ocurrencia de evento contar con los recursos financieros necesarios para la atención de la emergencia misma y para la financiación de la parte retenida del riesgo en el mediano y largo plazo.

La transferencia del riesgo se lleva a cabo generalmente mediante el esquema de seguros y reaseguros para lo cual es necesario involucrar a todo el sector de los seguros considerando que se pretende diseñar la estrategia para eventos con características catastróficas. El costo de la transferencia de riesgo para los asegurados corresponde al valor de la prima la cual debe ser en general proporcional al valor de pérdida anual esperada del bien asegurado. Sin embargo se utilizan en la práctica valores de primas nominales que tratan de promediar valores permitiendo además con esta figura el subsidio cruzado de primas de riesgo entre los estratos de mayor capacidad económica y aquellos cuyos ingresos no les permiten este tipo de gastos y que por sus mismas condiciones, su riesgo se transferiría en caso de desastre al ente gubernamental a cargo.

Las consideraciones anteriores llevan a necesidad de realizar estudios que permitan una comprensión adecuada del riesgo financiero a que está expuestas cada uno de los componentes de infraestructura de una ciudad, región o país, y desarrollar el conocimiento técnico necesario para el diseño de una estructura de transferencia con herramientas e instrumentos innovadores que incentiven a los usuarios, a la vez que le permiten al Estado cubrir, al menos en parte, los pasivos contingentes implícitos asociados a un posible desastre en la ciudad.



Las herramientas de sistematización y modelación de riesgo catastrófico que llevan a la estimación de niveles de daño y pérdidas, permiten además proponer diversas alternativas de la estructura de retención y transferencia, que sean factibles de acuerdo con las condiciones óptimas de costo para los usuarios, las realidades del mercado asegurador y reasegurador, y los posibles mecanismos de protección financiera que se puedan explorar. Estas opciones tienen que proponerse considerando las restricciones legales vigentes y las posibles modificaciones que favorezcan un proceso de aseguramiento óptimo y apropiado.

El objetivo último de este tipo de aplicaciones consiste en diseñar y plantear mecanismos que acorde con la legislación vigente se puedan aplicar y negociar con las compañías de seguros, de tal manera que exista un contrato óptimo que determine qué retiene cada uno de los usuarios, qué límite de exceso de pérdida puede asumir el sector asegurador y el reasegurador, cual es el nivel de primas puras de riesgo, como se puede plantear una serie de subsidios cruzados para financiar las primas de los estratos más pobres y como se puede estructurar el negocio desde el punto de vista de las compañías de seguros y reaseguros para su viabilidad técnica, operativa y financiera. Los valores de las primas dependen del tamaño de las capas o de los límites de exceso de pérdida, de los deducibles que se especifiquen, y de otras posibles alternativas de protección como el contrato de créditos contingentes, si su costo los hace factibles e incluso hasta considerar instrumentos del mercado de capitales. El análisis de cuáles mecanismos y por qué valor depende de la legislación (tanto de las obligaciones del sector público, como de seguros), de la capacidad de las compañías, del costo del reaseguro y de lo que se considere apropiado y óptimo desde el punto de vista financiero.

La evaluación que se presenta a continuación considera la mejor información disponible referente a edificaciones y sus características que conforman la base de datos para la ciudad. Considerando que la información suministrada no estaba completa, se han estimado una serie de parámetros para cada uno de los activos expuestos mediante la utilización de indicadores e información indirecta. Los resultados deben entonces considerarse como de tipo indicativo que la información de esta base de datos es susceptible de mejorarse en forma importante ya que está basada en análisis y correlaciones aproximadas en especial en lo relacionado con las características propias de cada construcción.

Los resultados del análisis que se presenta a continuación están basados en los resultado del análisis de riesgo sísmico que se presenta en el informe ERN-CAPRA-T4-2a (Evaluación del riesgo de desastre en San Salvador, ERN 2010).

Para efectos del presente informe se utilizan las siguientes definiciones:

- Pérdida máxima probable
- Pérdida anual esperada

El PML es un estimativo de las pérdidas máximas que se pueden esperar en grupo de edificaciones. Para esto se selecciona una probabilidad anual de excedencia baja, que se considera aceptable, y teniendo en cuenta la vida útil de las edificaciones se calculan las

pérdidas para dicho valor de probabilidad. Lo anterior define un periodo de retorno para el evento generador (por ejemplo 1,500 años). En el análisis se generan todos los posibles escenarios sísmicos con dicho periodo de retorno (es decir con la misma probabilidad de ocurrencia), y para cada escenario se calcula la pérdida esperada en las edificaciones.

La pérdida anual esperada se define como el valor esperado promedio de las pérdidas que se generarían anualmente en el grupo de edificaciones y para cada edificación. Para determinarla es necesario conocer el nivel de amenaza sísmica al que está expuesta la cartera de construcciones la cual depende de la sismicidad, de la localización, y de la vulnerabilidad de las estructuras la cual a su vez depende principalmente de las características constructivas de cada componente físico del proceso productivo.

## 2 Portafolio de edificaciones y parámetros

### 2.1 Caracterización de la base de datos de análisis

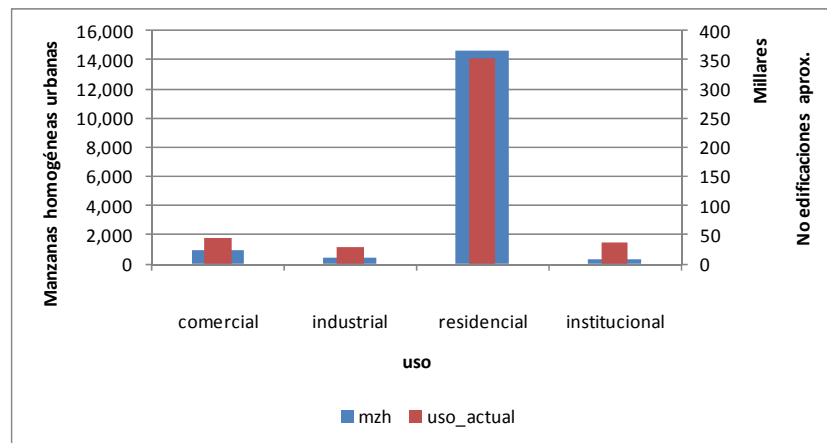
La base de datos que conforma el portafolio de edificaciones para el análisis está constituida por zonas homogéneas urbanas. Para cada una de las cuales se tiene información básica de referencia levantada con base en correlaciones y valores típicos característicos. Toda la información levantada se presenta detalladamente en el informe ERN-CAPRA.T4-2a. La Tabla 2-1 presenta el listado de parámetros requeridos para el análisis.

**Tabla 2-1**  
**Información de la base de datos**

| Información General  | Clasificación de la Construcción               |
|--|--|
| Nivel socio económico<br>Uso o actividad<br>Ocupación<br>Valor expuesto<br>Pérdida física anual esperada | Área<br>Número de pisos<br>Sistema estructural |

Para la información incluida en la base de datos fué necesario inferir características diferenciadoras de uso, destino ó actividad económica, nivel socio económico , así como información de la densidad de área construida y tamaño promedio de las edificaciones de cada una de las zonas homogéneas urbanas para lograr identificar grupos de edificaciones por estas características.

La Figura 2-1 presenta la distribución del número de zonas homogéneas urbanas por uso, además del número aproximado de edificaciones asociadas a dichas zonas.



**Figura 2-1 Distribución de zonas homogéneas urbanas por uso**

La Tabla 2-2 resume la caracterización general de la base de datos utilizada en los análisis.

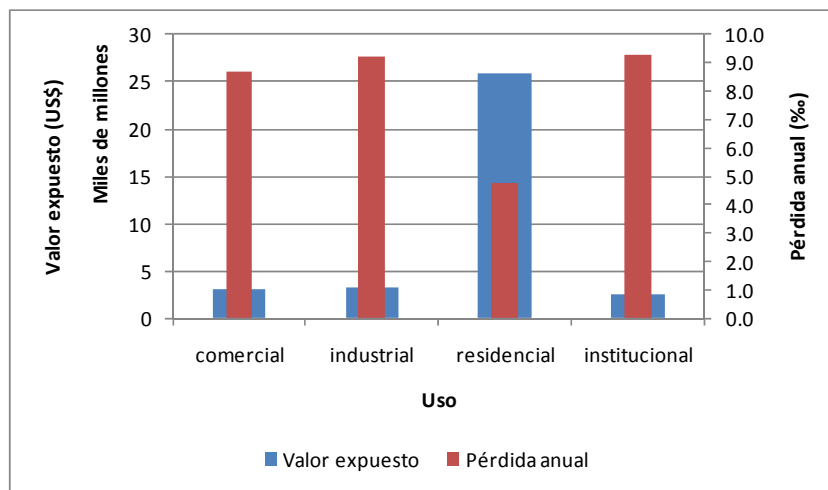
**Tabla 2-2**  
**Resumen de características principales de la base de datos**  
**de las edificaciones**

| Uso           | Categoría socio-económica | No edificaciones aprox. | Valor expuesto   | Pérdida anual esperada | Ocupación        |
|---------------|---------------------------|-------------------------|------------------|------------------------|------------------|
|               |                           | [Und aprox.]            | [US\$ mill.]     | [US\$ mill.]           | [Hab]            |
| residencial   | alta                      | 57,772                  | \$ 6,416         | \$ 36.50               | 115,375          |
|               | baja                      | 19,910                  | \$ 547           | \$ 2.64                | 213,863          |
|               | media                     | 275,998                 | \$ 18,930        | \$ 83.83               | 840,833          |
| comercial     | alta                      | 9,272                   | \$ 644           | \$ 4.95                | 18,535           |
|               | baja                      | 977                     | \$ 68            | \$ 0.45                | 10,688           |
|               | media                     | 33,373                  | \$ 2,314         | \$ 20.80               | 100,803          |
| industrial    | alta                      | 8,705                   | \$ 967           | \$ 9.92                | 8,706            |
|               | baja                      | 409                     | \$ 46            | \$ 0.32                | 855              |
|               | media                     | 20,614                  | \$ 2,291         | \$ 20.32               | 41,227           |
| institucional | alta                      | 6,666                   | \$ 463           | \$ 3.50                | 17,677           |
|               | baja                      | 230                     | \$ 16            | \$ 0.04                | 646              |
|               | media                     | 30,697                  | \$ 2,132         | \$ 20.69               | 75,406           |
| <b>Total</b>  |                           | <b>464,623</b>          | <b>\$ 34,834</b> | <b>\$ 203.94</b>       | <b>1,444,614</b> |

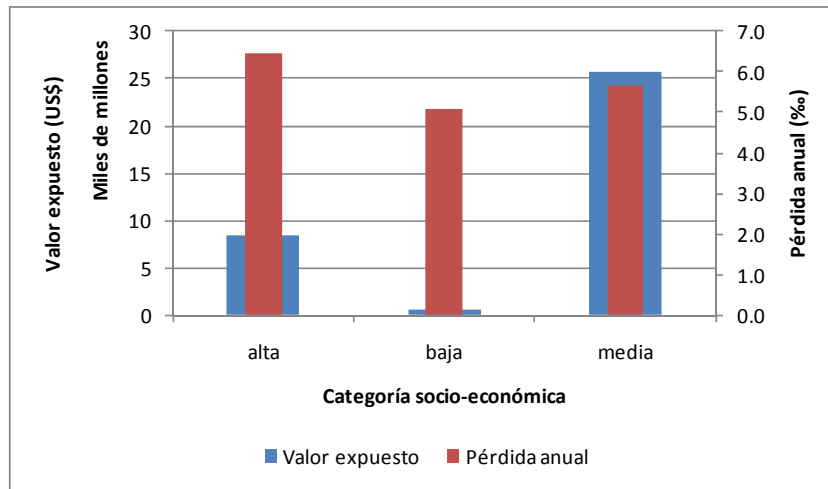
En conclusión, la base de datos está constituida por un total aproximado de 460 mil edificaciones con un valor asegurable total de US\$ 34 billones de dólares, con una ocupación alrededor de 1.4 millones de personas y una pérdida anual de US\$ 204 millones de dólares equivalentes al 5.8 por mil respecto del valor expuesto total.

## 2.2 Caracterización de valores asegurables y pérdidas esperadas

La Figura 2-2 a la Figura 2-3 presentan los valores expuestos y las pérdidas anuales esperadas para el tipo de uso y categoría socio-económica.



**Figura 2-2**  
**Distribución del valor expuesto y pérdida anual esperada**  
**por uso**



**Figura 2-3**  
*Distribución del valor expuesto y pérdida anual esperada por categoría socio-económica*

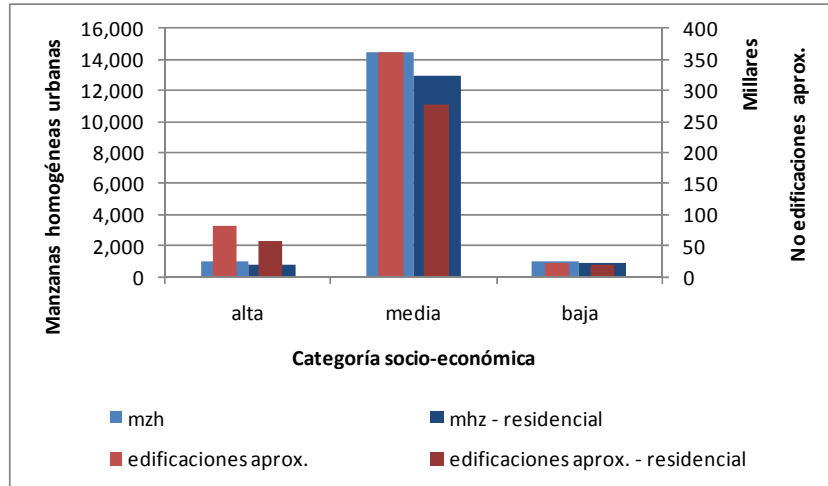
### 2.3 Grupos de análisis para el esquema de aseguramiento

Con la caracterización de la base presentada en el numeral anterior se realiza una segmentación del grupo de análisis objeto de un plan de compensación en primas ó seguro cruzado, que en este caso se ha tomado como el grupo de edificaciones residenciales.

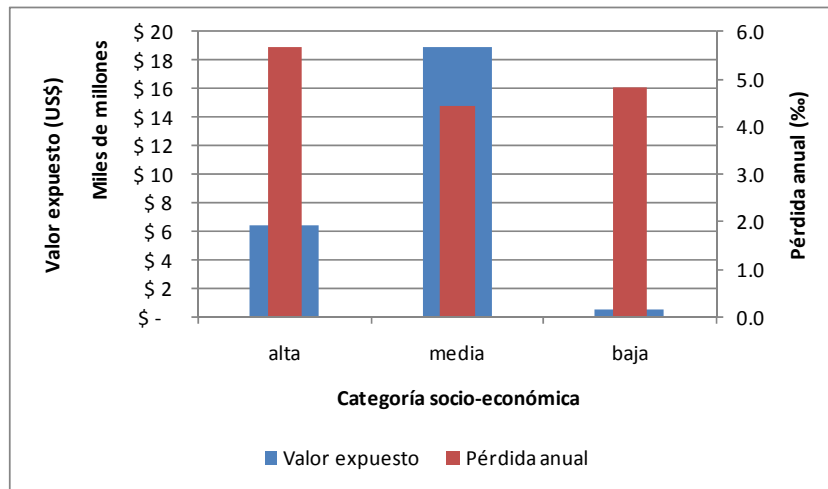
La Tabla 2-3 y Figura 2-4 resumen los valores principales para los tres grupos seleccionados de análisis para establecer una compensación en primas ó seguro cruzado.

**Tabla 2-3**  
*Resumen de valores para grupos de análisis*

| Categoría socio-económica | No edificaciones aprox. | Valor expuesto   |               | Pérdida anual    |              | Área construida      |
|---------------------------|-------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|----------------------|
|                           | [Und aprox.]            | [US\$ mill.]     | [% del total] | [US\$ mill.]     | [US\$ x edi] | [m <sup>2</sup> mil] |
| alta                      | 57,772                  | \$ 6,416         | 1.8%          | \$ 36.50         | 632          | 8,659                |
| media                     | 275,998                 | \$ 18,930        | 5.4%          | \$ 83.82         | 304          | 40,886               |
| baja                      | 19,910                  | \$ 547           | 0.2%          | \$ 2.64          | 133          | 2,957                |
| <b>Total</b>              | <b>353,680</b>          | <b>\$ 25,894</b> | <b>7.3%</b>   | <b>\$ 122.96</b> | <b>348</b>   | <b>52,502</b>        |



**Figura 2-4**  
*Distribución de zonas homogéneas y número aproximado de edificaciones por uso*



**Figura 2-5**  
*Distribución de valor expuesto y pérdida anual esperada por grupo*

De la Figura 2-4 se observan las diferencias en pérdidas anuales esperadas para los tres grupos de análisis, siendo las mayores pérdidas respecto del valor asegurado las del grupo de edificaciones de nivel socio-económico alto con un valor cercano al 6 por mil, mientras de la tasa del nivel socio-económico medio y bajo se estima alrededor de 4.5 por mil.

### 3 Resultados de riesgo por sectores

En este numeral se presentan los resultados del análisis de riesgo sísmico para la totalidad del portafolio de análisis y adicionalmente de manera individual para cada uno de los grupos de análisis seleccionados previamente. Los resultados de análisis se presentan en términos del valor expuesto, la pérdida anual esperada en valor monetario y en relación al valor expuesto y la pérdida máxima probable para diferentes periodos de retorno.

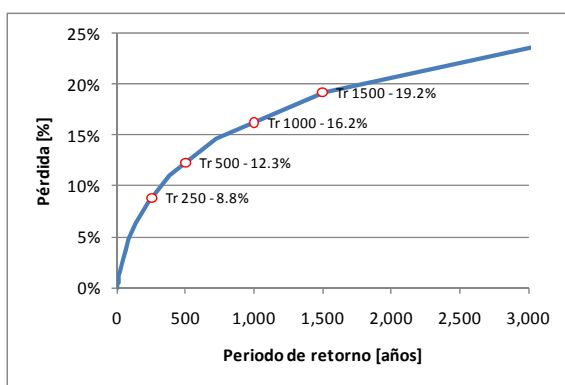
Todos los análisis que se presentan se realizan utilizando sistema CAPRA-GIS (ERN 2009). Estos análisis permiten generar criterios técnicos y posibles escenarios para el diseño de las mejores alternativas de aseguramiento.

#### 3.1 Portafolio completo

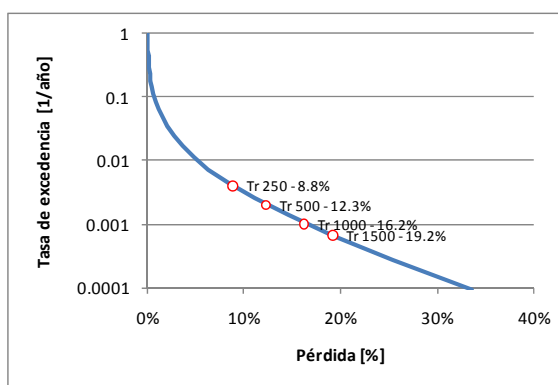
Los resultados del análisis para la totalidad del portafolio se presentan en la Tabla 3-1 y en la Figura 3-1 a Figura 3-3.

**Tabla 3-1**  
**Pérdida anual esperada y pérdida máxima probable**

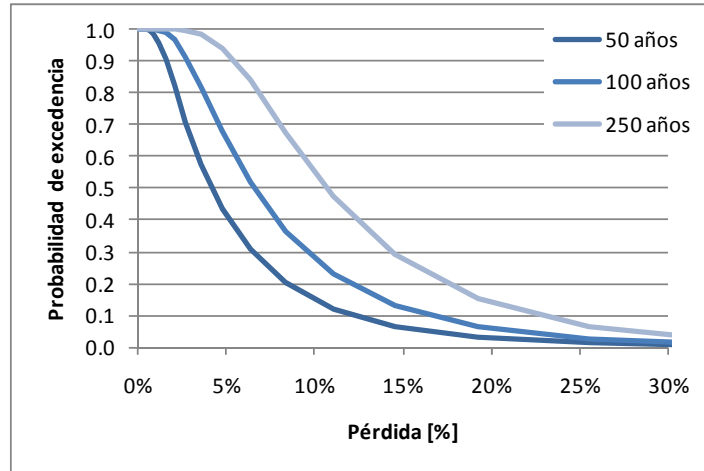
| Resultados             |            |           |
|------------------------|------------|-----------|
| Valor Expuesto         | US\$ mill. | 25,893.60 |
| Pérdida Anual Esperada | US\$ mill. | 122.96    |
|                        | ‰          | 4.75‰     |
| PML                    |            |           |
| Periodo retorno        | Pérdida    |           |
| años                   | US\$ mill. | %         |
| 250                    | 2,286.89   | 8.83%     |
| 500                    | 3,176.17   | 12.27%    |
| 1,000                  | 4,202.71   | 16.23%    |
| 1,500                  | 4,970.26   | 19.19%    |



**Figura 3-1**  
**Variación del PML con el periodo de retorno**



**Figura 3-2**  
**Curva tasa de excedencia de pérdidas**

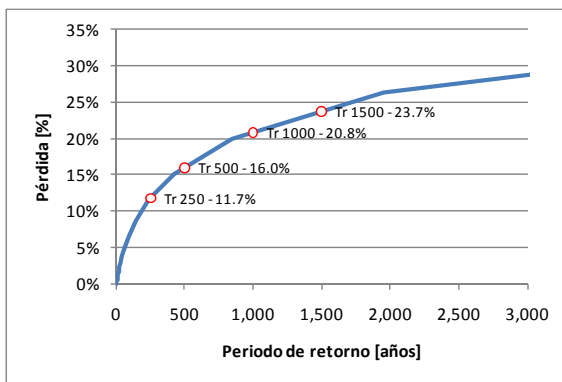


**Figura 3-3**  
*Probabilidad excedencia de pérdidas para varios tiempos de exposición*

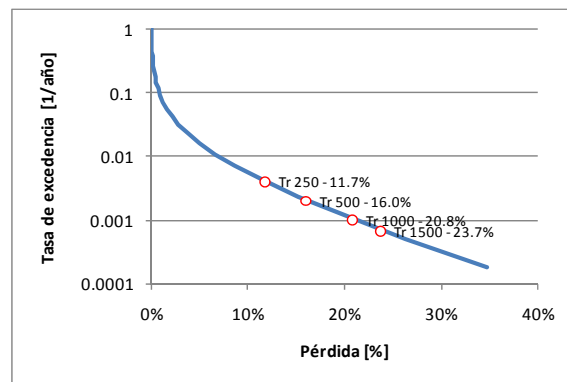
### 3.2 Nivel socio-económico bajo

**Tabla 3-2**  
*Pérdida anual esperada y pérdida máxima probable para edificaciones del nivel socio-económico bajo*

| Resultados             |            |        |
|------------------------|------------|--------|
| Valor Expuesto         | US\$ mill. | 547.03 |
| Pérdida Anual Esperada | US\$ mill. | 2.64   |
|                        | ‰          | 4.82‰  |
| PML                    |            |        |
| Periodo retorno        | Pérdida    |        |
| años                   | US\$ mill. | %      |
| 250                    | 64.25      | 11.75% |
| 500                    | 87.52      | 16.00% |
| 1,000                  | 113.83     | 20.81% |
| 1,500                  | 129.66     | 23.70% |



**Figura 3-4**  
*Variación del PML con el periodo de retorno*



**Figura 3-5**  
*Curva tasa de excedencia de pérdidas*

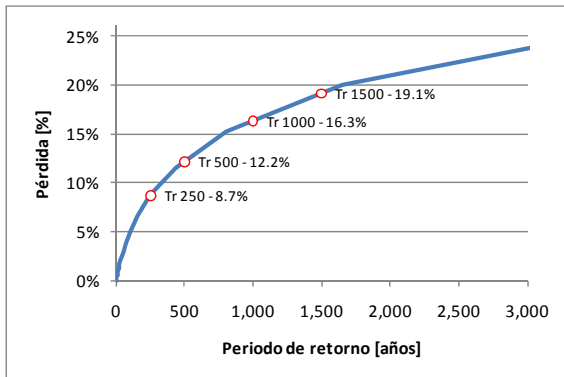


El grupo de edificaciones aproximadas de nivel socio-económico bajo representa el 6% del número total y el 2% del valor expuesto total. Tiene una prima relativamente alta que corresponde a cerca de \$2.6 millones de dólares (aproximadamente 4.8 por mil de su propio valor expuesto).

### 3.3 Nivel socioeconómico medio

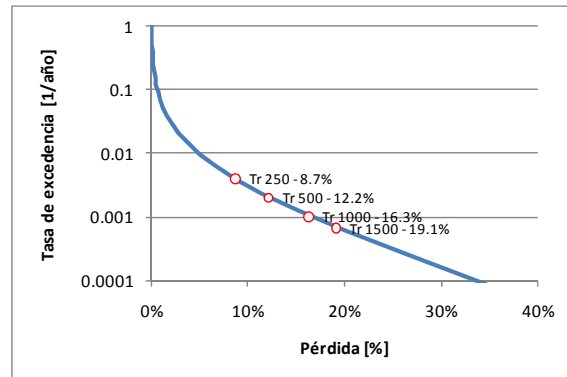
**Tabla 3-3**  
*Pérdida anual esperada y pérdida máxima probable para edificaciones del nivel socio-económico medio*

| Resultados             |            |           |
|------------------------|------------|-----------|
| Valor Expuesto         | US\$ mill. | 18,930.20 |
| Pérdida Anual Esperada | US\$ mill. | 83.83     |
|                        | ‰          | 4.43‰     |
| PML                    |            |           |
| Periodo retorno        | Pérdida    |           |
| años                   | US\$ mill. | %         |
| 250                    | 1,642.08   | 8.67%     |
| 500                    | 2,300.84   | 12.15%    |
| 1,000                  | 3,084.08   | 16.29%    |
| 1,500                  | 3,619.27   | 19.12%    |



**Figura 3-6**

*Variación del PML con el periodo de retorno*



**Figura 3-7**

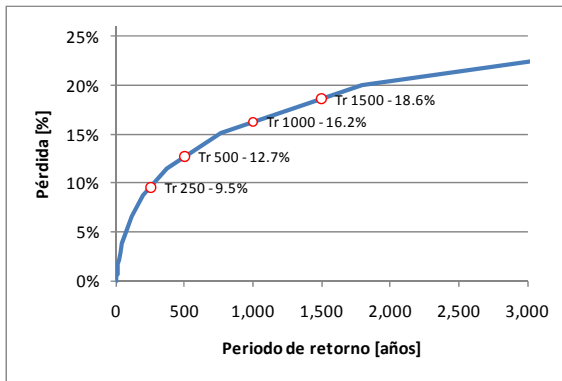
*Curva tasa de excedencia de pérdidas*

El grupo de edificaciones aproximadas de nivel socio-económico medio representa el 78% del número total y el 73% del valor expuesto total. Tiene una prima que corresponde a cerca de \$83 millones de dólares (4.4 por mil de su propio valor expuesto).

## 3.4 Nivel socioeconómico alto

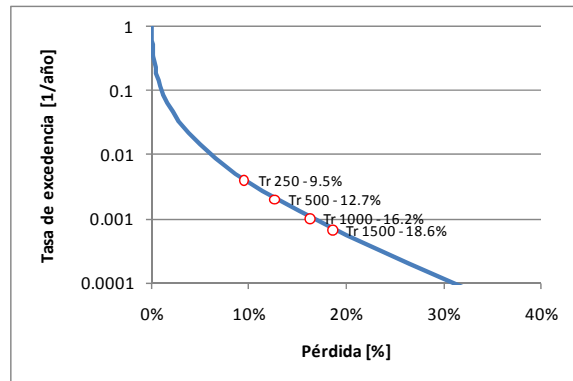
**Tabla 3-4**  
**Pérdida anual esperada y pérdida máxima probable**  
**para edificaciones del nivel socio-económico alto**

| Resultados             |            |          |
|------------------------|------------|----------|
| Valor Expuesto         | US\$ mill. | 6,416.37 |
| Pérdida Anual Esperada | US\$ mill. | 36.50    |
|                        | ‰          | 5.69‰    |
| PML                    |            |          |
| Periodo retorno        | Pérdida    |          |
| años                   | US\$ mill. | %        |
| 250                    | 611.26     | 9.53%    |
| 500                    | 813.29     | 12.68%   |
| 1,000                  | 1,042.63   | 16.25%   |
| 1,500                  | 1,191.86   | 18.58%   |



**Figura 3-8**

*Variación del PML con el periodo de retorno*



**Figura 3-9**

*Curva tasa de excedencia de pérdidas*

El grupo de edificaciones aproximadas de nivel socio-económico alto representa el 16% del número total y el 25% del valor asegurable. Tiene una prima que corresponde a cerca de \$36 millones de dólares (5.7 por mil de su propio valor expuesto).

## **4 Estimación de primas considerando compensación**

---

Los análisis de portafolios separados, realizados previamente, permiten estimar los valores de las primas (pérdida anual esperada) promedio de cada uno de ellos y explorar la posibilidad de que un grupo o una fracción del mismo, como por ejemplo el grupo de edificaciones de nivel socio-económico alto, cubra el costo de seguro de las edificaciones de los propietarios de menores recursos, por ejemplo el grupo de edificaciones de nivel socio-económico bajo. Esto significa que se presente una compensación de primas entre los de alto y bajo nivel socio-económico.

Para el caso del grupo de edificaciones susceptibles de subsidio se considera el grupo de edificaciones de nivel socio-económico bajo. Al respecto es necesario considerar que el valor de la prima para este grupo de edificaciones es de alrededor de US\$ 2.6 millones de dólares, mientras que para el caso de edificaciones aportantes para cubrir la prima que se compense o se subsidie se de alrededor de US\$ 120 millones de dólares.

Para el presente ejemplo de análisis de aseguramiento cruzado se toma como escenario de aportantes la totalidad de propietarios de edificaciones de nivel socio-económico medio y alto, lo que equivaldría prácticamente a un esquema de seguro obligatorio para estos niveles socio-económicos.

### **4.1 Aseguramiento con compensación de primas**

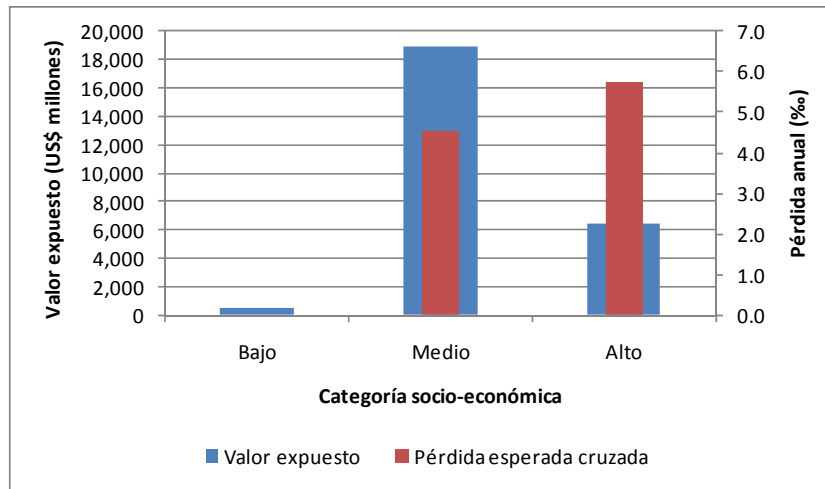
#### **4.1.1 Compensación por niveles socio-económicos**

Para el escenario planteado de aseguramiento con compensación, donde los grupo de subsidiados corresponderían a cerca de 20,000 edificaciones del grupo nivel socio-económico bajo, haría falta la consecución de US\$ 2.6 millones de dólares para cubrir los US\$ 547 millones de dólares expuestos en este grupo.

Tomando como aportantes el resto de edificaciones, cerca de 330,000 del grupo de nivel socioeconómico medio y alto, el valor total en primas a pagar por los aportantes sería de US\$ 120 millones de dólares con lo cual la prima de para el grupo de nivel socio-económico medio resultaría en un incremento en la prima de 4.4‰ a 4.5‰, y de 5.7‰ a 5.8‰ para el grupo de nivel socio-económico alto.

**Tabla 4-1**  
**Resultados compensación de pérdidas o seguro cruzado**

| Grupo          | Edificaciones  |             | Valor expuesto |               | Pérdida anual |                |               | Pérdida esperada cruzada |                |               |
|----------------|----------------|-------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------|----------------|---------------|
|                | No             | [%]         | [US\$ mill.]   | [% del total] | [US\$ mill.]  | [%o]           | [US\$ x Edi]  | [US\$]                   | [%o]           | [US\$ x Edi]  |
| <b>Bajo</b>    | 19,910         | 6%          | 547            | 2%            | 2.6           | 4.82 %o        | 132.51        | 0                        | 0.00 %o        | 0.00          |
| <b>Medio</b>   | 275,998        | 78%         | 18,930         | 73%           | 83.8          | 4.43 %o        | 303.71        | 86                       | 4.54 %o        | 311.62        |
| <b>Alto</b>    | 57,772         | 16%         | 6,416          | 25%           | 36.5          | 5.69 %o        | 631.78        | 37                       | 5.76 %o        | 639.68        |
| <b>Totales</b> | <b>353,680</b> | <b>100%</b> | <b>25,894</b>  | <b>100%</b>   | <b>123</b>    | <b>4.75 %o</b> | <b>347.66</b> | <b>123</b>               | <b>4.75 %o</b> | <b>347.66</b> |



**Figura 4-1**  
**Distribución de valor expuesto y pérdida anual esperada por grupo luego del seguro cruzado**

#### 4.1.2 Compensación por límite de valor expuesto

Es posible plantear un escenario de aseguramiento con compensación desde el punto del valor expuesto, donde los grupo de subsidiados estaría compuesto por las edificaciones con valor de exposición inferior a un límite establecido. En el presente ejemplo se ha fijado este límite de valor expuesto en US\$ 70,000 dólares lo que corresponde exactamente al grupo de edificaciones de nivel socio-económico bajo y algunas de medio.

**Tabla 4-2**  
**Perdidas anuales respecto del límite de valor expuesto (subsidiados)**

| Número de edificaciones |       | Valor expuesto |               | Pérdida anual |               |
|-------------------------|-------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| [Und]                   | [%]   | [US\$ mill.]   | [% del total] | [US\$ mill.]  | [% del total] |
| 42,290                  | 12.0% | 1,733          | 6.7%          | 10.9          | 8.9%          |
| <b>Prima</b>            |       |                |               | 6.29 ‰        |               |
| <b>US\$ x Edi</b>       |       |                |               | 257.8         |               |

**Tabla 4-3**  
**Perdidas anuales respecto del límite de valor expuesto (aportantes)**

| Número de edificaciones                      |       | Valor expuesto |               | Pérdida anual |               |
|--|-------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| [Und]  | [%]   | [US\$ mill.]   | [% del total] | [US\$ mill.]  | [% del total] |
| 311,390                                      | 88.0% | 24,161         | 93.3%         | 112.1         | 91.1%         |
| <b>Prima</b>                                 |       |                |               | 4.64 ‰        |               |
| <b>Pérdida anual con compensación [US\$]</b> |       |                |               | 123.0         |               |
| <b>Prima compesada</b>                       |       |                |               | 5.09 ‰        |               |

## 5 Conclusiones

---

Los análisis realizados permiten establecer las siguientes conclusiones preliminares las cuales sirven de base para plantear la estrategia hacia el futuro en relación a los mecanismos óptimos de retención y transferencia de riesgos:

- (a) El portafolio completo de edificaciones, de acuerdo con la información inferida, consta de un total aproximado de 460,000 edificaciones con un valor asegurable cercano a US\$ 26,000 millones de dólares y un área construida de 52 millones de metros cuadrados y una pérdida anual esperada de US\$ 122 millones de dólares equivalentes al 4.7 por mil respecto del valor expuesto.
- (b) Un primer esquema de aseguramiento global indicaría que la prima pura de riesgo para todo el portafolio debería ser del orden de 4.75 por mil correspondiente a unos US\$ 122 millones de dólares en total. La pérdida máxima probable PML de 1000 años de periodo de retorno, estimada para este portafolio estaría alrededor de unos US\$ 4,200 millones que corresponden al 16% del valor total expuesto y que en este caso es la necesidad de reaseguro catastrófico, en caso que las compañías locales de seguros no deseen retener porcentajes significativos del riesgo.
- (c) Para un esquema como el indicado anteriormente y considerando la dificultad de proponer un esquema de aseguramiento obligatorio, es de esperarse una baja participación de propietarios de bienes especialmente de los estratos bajos. En casos y experiencia similares se alcanzan valores globales de participación en el orden del 10%. Este esquema por lo tanto, aunque factible de implementar en el mediano plazo, no garantiza la protección de las viviendas de nivel socio-económico bajo con lo cual la ciudad debe aún considerar la contingencia de estas pérdidas en caso de un evento con características desastrosas.
- (d) Un esquema alternativo de aseguramiento consiste en lograr una compensación de primas entre los estratos de mayor capacidad y los de menos capacidad. Para compensar en su totalidad las primas del 12% de las edificaciones de menor valor expuesto, correspondientes a las edificaciones con un valor expuesto inferior a US\$ 70,000 mil dólares, la prima promedio del resto de edificaciones aumentaría en promedio de 4.64‰ a 5.09‰. este valor puede tener variaciones drásticas si se consideran diferentes niveles de participación.
- (e) Los anteriores análisis permiten establecer que la posibilidad de un esquema de aseguramiento dependería de la capacidad de reaseguro para las compañías de seguro locales, por lo cual sería necesario entrar a negociar directamente con las compañías de reaseguros y analizar la viabilidad de la propuesta. La posibilidad de establecer compensaciones en las primas de las edificaciones de menor valor es clara dados los valores bajos de primas puras resultantes en general para este grupo de edificaciones. Considerando que los esquemas de aseguramiento son voluntarios, podría plantearse un esquema de cubrimiento por límite superior en las viviendas de

menor valor en función del porcentaje de predios que ingresen al esquema de aseguramiento propuesto.

- (f) También y como en todo nuevo programa general de aseguramiento, es necesario plantear una serie de incentivos para las personas que decidan apoyar el programa incluyendo disminución en el pago de impuestos, excepciones especiales, plazos adicionales de pago, admistías, obras de intervención y reforzamiento en las viviendas y otras medidas que generen incentivos claros en los contribuyentes.

## 6 Referencias

---

Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Evaluación del Riesgo de Desastre en San Salvador. Informe ERN-CAPRA-T4.2A. <http://www.ecapra.org>. 2009.

ERN-Colombia. Definición de la Responsabilidad del Estado, su Exposición ante Desastres Naturales y Diseño de Mecanismos para la Cobertura de los Riesgos Residuales del Estado, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Agencia Colombiana Cooperación Internacional (ACCI) y el Banco Mundial, Bogotá, 2005

ERN-Manizales. Diseño de Esquemas de Transferencia de Riesgo para la Protección Financiera de Edificaciones Públicas y Privadas en Manizales en el Caso de Desastres por Eventos Naturales, DNP, ACCI y el Banco Mundial, Bogotá, 2005

ERN-Colombia. Diseño de la Estrategia de Aseguramiento, Para la Protección Financiera de las Edificaciones Privadas Establecidas en la Ciudad De Bogotá D.C, en el Caso de la Ocurrencia de un Desastre Natural, Secretaría Distrital de Hacienda, Bogotá 2005.