

Monografías de Ingeniería Sísmica

Editor A. H. Barbat

# **La gestión financiera del riesgo desde la perspectiva de los desastres**

**M. C. Marulanda**

**O. D. Cardona**

**M. G. Ordaz**

**A. H. Barbat**

Monografías de Ingeniería Sísmica

Editor A. H. Barbat

## **La gestión financiera del riesgo desde la perspectiva de los desastres**

Evaluación de la exposición fiscal del estado y alternativas de instrumentos financieros de retención y transferencia del riesgo

**M. C. Marulanda**

**O. D. Cardona**

**M. G. Ordaz**

**A. H. Barbat**

CENTRO INTERNACIONAL DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA  
Edificio C1, Campus Norte UPC  
Gran Capitán s/n  
08034 Barcelona, Spain

**MONOGRAFÍAS DE INGENIERÍA SÍSMICA**

Editor A. H. Barbat

ISSN: 1134-3249

**LA GESTIÓN FINANCIERA DEL RIESGO DESDE LA PERSPECTIVA  
DE LOS DESASTRES**

Monografía CIMNE IS61

© Los autores

ISBN: 978-84-96736-60-3

Depósito legal: B-55291-2008

# CONTENIDO

## INTRODUCCIÓN

1.	RESPONSABILIDAD EX ANTE Y EX POST DEL ESTADO	2
1.1	IMPACTO ECONÓMICO DE LOS DESASTRES E IMPLICACIONES PARA EL ESTADO	6
1.1.1	Sostenibilidad y vulnerabilidad fiscal	8
1.1.2	Los desastres como pasivos contingentes	11
1.1.3	Responsabilidad residual del Estado	14
1.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN FINANCIERA	18
1.2.1	El seguro y reaseguro como mecanismo tradicional	19
1.2.2	Mercado de capitales	21
1.2.3	Retención del riesgo	22
1.2.4	Cautivas para retención y transferencia	24
1.2.5	Estructura óptima de financiación	25
2.	DIMENSIONAMIENTO DE LA EXPOSICIÓN FISCAL	26
2.1	DÉFICIT POTENCIAL DEL ESTADO POR DESASTRE	26
2.1.1	Estimación de las pérdidas probables	27
2.1.2	Requerimiento de recursos	28
2.1.3	Posibles fondos a los que se podría acceder el gobierno	30
2.1.4	Estimación del riesgo físico	34
2.1.5	Aportes para la crítica	40
2.2	IMPACTO DE DESASTRES MENORES RECURRENTES	43
2.2.1	Efectos causados por eventos menores y moderados	44
2.2.2	Costo económico de los desastres menores	47
2.2.3	Índice de Desastres Locales	51
2.2.4	¿Desastres menores?	59
3.	INSTRUMENTOS DE TRANSFERENCIA Y RETENCIÓN DE RIESGOS	61
3.1	TRANSFERENCIA DEL RIESGO FINANCIERO	61
3.1.1	Industria de seguros y reaseguros	62
3.1.2	El mercado internacional de seguros	68
3.2	TRANSFERENCIA Y FINANCIACIÓN EN EL MERCADO DE CAPITALES	71
3.2.1	Bonos	74
3.2.2	Notas contingentes	77
3.2.3	Opciones de catástrofe transadas en bolsa	78
3.2.4	Opciones de catástrofe de patrimonio	78
3.2.5	Swaps de catástrofe	79
3.2.6	Derivados del clima	79
3.3	RETENCIÓN DEL RIESGO FINANCIERO	79
3.3.1	Fondos de reservas para desastres	81
3.3.2	Líneas de crédito	82

<b>3.3.3 El papel de la mitigación del daño físico</b>	84
<b>3.4 TRANSFERENCIA Y RETENCIÓN A TRAVÉS DE UNA CAUTIVA</b>	85
<b>3.4.1 Objetivos de las compañías cautivas</b>	87
<b>3.4.2 Otras alternativas de cautivas</b>	88
<b>3.4.3 Procedimiento de constitución de una cautiva</b>	89
<b>3.4.4 Posibilidades y beneficios para los países</b>	91
<b>3.5 COMBINACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA PROTECCIÓN FINANCIERA</b>	93
<b>3.5.1 Diseño de la estructura de retención y transferencia</b>	95
<b>3.5.2 Análisis de optimización financiera</b>	97
<b>REFERENCIAS</b>	100
Anexo A. Algunas definiciones relevantes del tema	104
Anexo B. El riesgo aceptable vs. la seguridad pagable	111
Anexo C. Aproximación analítica sobre crecimiento y desastres	114
Anexo D. Estimación del gasto sostenible intertemporal	119
Anexo E. Responsabilidad residual del Estado en caso de desastre	121
Anexo F. Estimación de la participación pública y privada en el stock de capital agregado de la economía	125
Anexo G. Algunas palabras sobre las curvas de tasa de excedencia y períodos de retorno	128
Anexo H. Relaciones matemáticas entre las tasas de excedencia y otras interesantes y útiles medidas de riesgo	136
Anexo I. Cómo tener en cuenta las incertidumbres en las funciones de vulnerabilidad	139
Anexo J. Acumulación de obligaciones de vigencias anteriores	146
Anexo K. Estimación de recursos por impuesto a transacciones financieras	148
Anexo L. Análisis de la situación financiera externa del país	150
Anexo M. Aproximación para determinar el acceso a crédito interno	154
Anexo N. Derivación de las reglas de agregación de pérdidas propuestas	156
Anexo O. Aplicación del IDD a Colombia	159
Anexo P. Mecanismos de transferencia de seguros y reaseguros	184
Anexo Q. Descripción de un bono de catástrofe	190
Anexo R. La regla óptima de acumulación - gasto	194
Anexo S. Diseño de un fondo de compensación	202
Anexo T. Parámetros para la retención y transferencia	206

## INTRODUCCIÓN

Para hacer la gestión del riesgo de los desastres es necesario “dimensionar” el riesgo, y medir el riesgo significa tener en cuenta, no solamente el daño físico esperado, las víctimas o pérdidas económicas equivalentes, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales. Es decir, se requiere de una visión holística del problema. Sin embargo, desde el punto de vista de cada disciplina, el riesgo debe ser expresado de tal forma que signifique algo para quienes deben tomar las decisiones de enfrentarlo. Desafortunadamente, la mayoría de índices y técnicas de evaluación existentes no expresan el riesgo en el lenguaje de los diversos tomadores de decisiones. Si se quiere que el problema del riesgo sea relevante y se exploren soluciones, es necesario hacer “manifiesto el riesgo” en forma diferente ante los órganos de decisión responsables.

Los desarrollos modernos de la gestión de riesgos han precisado el papel del Estado en diferentes aspectos que originalmente sólo se referían a la acción remedial o de respuesta en caso de crisis, es decir, en preparativos para emergencias y acciones *ex post* en caso de desastre. No obstante, en forma paulatina se ha ido comprendiendo que el "desastre" y el "riesgo" son problemas sociales, económicos y ambientales ligados a procesos de acumulación de vulnerabilidades, que a su vez son producto de modelos no sostenibles ni óptimos de crecimiento. Es decir, que los desastres son problemas de desarrollo o riesgos no manejados y que, por lo tanto, la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo debe ser un objetivo explícito de planificación *ex ante* frente a los desastres; ineludiblemente la gestión de riesgos es transversal al desarrollo y diversos interesados, actores sociales y entidades y sectores de la gestión pública están necesariamente involucrados en el proceso.

La visión moderna de la gestión del riesgo involucra cuatro políticas públicas distintas, las tres primeras son acciones *ex ante* y la última corresponde a las acciones *ex post*:

- a) la identificación del riesgo (que involucra la percepción individual, la representación social y la evaluación objetiva del riesgo);

- b) la reducción del riesgo (que involucra propiamente a la prevención-mitigación de la vulnerabilidad física y social);
- c) la protección financiera (que tiene que ver con la transferencia y retención del riesgo desde el punto de vista financiero y de inversión pública); y
- d) el manejo de desastres (que corresponde a la preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción una vez que el desastre se presenta).

De lo anterior y de la experiencia se puede afirmar que si bien es cierto que algunas de estas políticas públicas apenas son incipientes, la protección o gestión financiera del riesgo prácticamente ha sido inexistente. Por lo tanto, una apropiada evaluación de las pérdidas probables y de los costos de la reconstrucción a causa de terremotos puede llegar a ser un potente incentivo para explorar opciones e instrumentos de planificación que permitan afrontar el riesgo. De una buena modelación y un lenguaje apropiado depende que se asignen recursos presupuestales sostenibles para reducir los daños potenciales y para garantizar el adecuado desarrollo económico y social.

El planeamiento y aplicación de medidas económicas y financieras orientadas a impedir o reducir los desequilibrios o efectos adversos debidos a situaciones que pueden afectar la estabilidad económica, la productividad y los activos es conocido, en el ámbito comercial, los bancos y los Ministerios de Economía y Finanzas, como *Risk Management*. Este proceso involucra cinco pasos: i) identificar y analizar el peligro y la vulnerabilidad económica o fiscal (también conocida como evaluación del riesgo); ii) examinar la factibilidad de alternativas o técnicas para reducir ese riesgo; iii) seleccionar la mejor estrategia factible; iv) implementar la estrategia escogida; y v) darle seguimiento a su implementación. Estos pasos son muy similares a lo que se conoce en general como gestión del riesgo de los desastres pero desde una perspectiva económica, identificando y analizando las exposiciones de pérdida, examinando las posibilidades de transferencia y retención del riesgo, llevando a cabo las transacciones que eso implica y estando atentos a los cambios o ajustes que deben realizarse.

Este documento, en la primera sección presenta una síntesis acerca de la importancia para el Estado de contar con una política pública de protección o gestión financiera del riesgo desde la perspectiva de los desastres. Se hace referencia a la responsabilidad legal y fiscal, a las obligaciones y pasivos contingentes que representan de forma implícita los desastres para el Estado y a las implicaciones que tiene no tener una política *ex ante* bien definida desde el punto de vista financiero para un país propenso a desastres de diferente índole y en general frente al riesgo catastrófico. En la segunda sección se presenta una descripción sucinta del Índice de Déficit por Desastre, IDD, para facilitar a las autoridades macroeconómicas y financieras el acceso, en términos apropiados, a información relevante sobre el riesgo de desastre a nivel nacional o subnacional. Este indicador permite dimensionar la exposición fiscal y el déficit potencial – o pasivos contingentes – del país de una manera sencilla e identificar y proponer posibles políticas y acciones efectivas de protección financiera del Estado. Asimismo se muestra el impacto causado por los

desastres menores recurrentes que causan un riesgo social y ambiental relevante en los países. Finalmente, en la tercera sección del documento, se presentan los conceptos básicos acerca del papel tradicional de la industria de seguros y reaseguros, la titularización y otros esquemas financieros utilizados o que se podrían explorar para integrarlos a la gestión integral del riesgo.





# 1. RESPONSABILIDAD EX ANTE Y EX POST DEL ESTADO

El tema de la responsabilidad del Estado, prácticamente en todos los países, parte del principio de que el deber fundamental del mismo es la protección de los ciudadanos. Usualmente en los fundamentos de cada legislación se indica que el Estado debe proteger la vida, honra y bienes de las personas y de allí se parte que para dar seguridad a la población en caso de situaciones extraordinarias como los desastres ha sido necesario crear instituciones u organizaciones que respondan eficientemente con el fin de conjurar sus efectos. En general ha existido desde hace mucho tiempo la conciencia que deben haber organismos operativos de respuesta en caso de emergencia. Algunos países han sido ejemplo para otros y de esta manera todos los países poco a poco han venido adaptando modelos que en general han tenido como común denominador el prepararse para atender las emergencias que se puedan presentar.

Materializado el riesgo, por la manifestación de un fenómeno peligroso, el desastre corresponde al impacto agregado en términos de pérdida de vidas, de vivienda, desempleo, abandono de la propiedad, el costo de servicios públicos, etc. Costos sociales y económicos soportados, en general, por el sistema social que requieren que exista una asistencia directa del gobierno. Reducir el riesgo o los daños potenciales, por ejemplo, en los edificios públicos en donde se prestan servicios o se realizan funciones sociales es un beneficio directo no sólo para el sector gobierno sino para el público que paga los impuestos. Cuando el riesgo privado llega a ser un riesgo público o social, la reducción del riesgo o mitigación a través tanto de la acción (privada) voluntaria y la gubernamental (pública) requiere de una regulación que impulse la prevención y le dé consistencia. En ese marco dos aspectos fundamentales deben analizarse:



- ¿De quién es la responsabilidad de realizar medidas de reducción de riesgos por fenómenos naturales peligrosos? Interpretándose, en primera instancia, que corresponden a una serie de decisiones individuales privadas y, en segunda instancia, como un problema público que requiere de la intervención del sector público (i.e. ¿dónde se encuentra el umbral a partir del cual el gobierno debe definir los estándares básicos de la prevención-mitigación de los fenómenos naturales?).
- ¿Qué factores o incentivos son necesarios para motivar a los propietarios de bienes privados a involucrarse en acciones de mitigación voluntaria para reducir los riesgos por fenómenos naturales, en particular, eventos de baja probabilidad y altas consecuencias?

Para dar respuesta a estas preguntas se necesita una gran comprensión de los riesgos que imponen las amenazas naturales y antrópicas tanto para el sector público como el sector privado, del costo y la eficacia de las alternativas de mitigación o reducción del riesgo, de las percepciones de riesgo por parte de los diferentes actores o sectores sociales y de los factores fundamentales que se requieren para motivar un comportamiento encaminado hacia la gestión del riesgo (Ver Anexo B). Ahora bien, en el diseño de un programa de gestión de riesgos surgen dos preguntas centrales que deben responderse apropiadamente y de lo cual depende el proceso de toma de decisiones:

- ¿Quién debería asumir el costo de hacer seguras las comunidades que están expuestas a peligros o amenazas?
- ¿Quién debería pagar por las pérdidas que se causan cuando ocurre un desastre?

Hay dos criterios que normalmente se utilizan para responder estas preguntas: la *eficiencia* y la *equidad*. Como eficiencia se puede entender la adecuada localización de los recursos económicos para maximizar el bienestar y la calidad de vida de la sociedad. La calidad de vida está definida por la ciudadanía y por lo tanto varía de una entidad política a otra. Una sociedad que cree que cada ciudadano debería compartir las pérdidas de las víctimas de los desastres puede encontrar que los impuestos son el instrumento de política más eficiente para generar la renta necesaria para cubrir esos costos. Si, por otra parte, la sociedad cree que cada persona individualmente debería ser responsable de asumir su propio gravamen por riesgos naturales, entonces alguna forma de seguro, con tasas variables basadas en los riesgos involucrados, puede ser el medio más apropiado para cubrir los costos de los desastres. La equidad se refiere a la preocupación por el bienestar y la distribución de los recursos. Una distribución equitativa de recursos puede significar el tratamiento especial de ciertos individuos o grupos de personas a expensas de otros. Ahora bien, lo que puede en un momento ser visto como equitativo, por ejemplo inmediatamente después de un desastre, puede ser visto como ineficiente en una perspectiva a largo plazo, si mucha gente sufre los daños de manera continua. Por ejemplo, si a las víctimas no aseguradas de un desastre se les garantiza subvenciones y préstamos con bajos intereses para que rehabiliten o reconstruyan sus propiedades de nuevo en áreas propensas al peligro, quienes pagan impuestos estarían obligados a tener cada vez

mayores gravámenes para atender las víctimas de los futuros desastres. Es decir, lo que puede ser visto como equitativo después de un desastre podría ser visto como ineficiente desde una perspectiva sostenible a largo plazo.

Los aspectos centrales del Estado en relación con los desastres son derivados de la función de la autoridad para garantizar la protección de la vida y de los bienes de los miembros de la sociedad; principio generalmente adoptado en las leyes de las democracias modernas<sup>1</sup>. El papel del gobierno incluye dos aspectos que se derivan de su función de administrador de los bienes sociales. Uno se refiere a la capacidad para fomentar el conocimiento científico acerca de las amenazas y sobre las condiciones sociales, con el fin de intervenir en caso de desastre o anticipándose interviniendo el riesgo. El otro aspecto se refiere a la acción gubernamental propiamente dicha para enfrentar el riesgo y el desastre. La responsabilidad frente a estos problemas permanentes y contingentes así como la condición de administrador de los bienes comunes de la sociedad implican responsabilidades y obligaciones sobre daños, pérdidas y todo lo que tiene que ver con la gestión para la recuperación en caso de crisis en aquellos sectores o comunidades que lo necesitan y que no pueden resarcirse con sus propios recursos. La relación desastres y Estado también tiene otro importante significado en lo que se refiere a la manera cómo actúan las instituciones en los desastres o en relación con los desastres. Asumir el desastre como un problema de "control social" es reconocer que es una "atribución" del Estado.

Surgen, entonces, interrogantes como: ¿quién pierde?, ¿quién paga los daños?, ¿quién decide qué reparar y cómo hacerlo?, ¿quién define la noción de "riesgo aceptable"?, ¿es optativo de los particulares asumir sus propios riesgos, sin consideración a los efectos sobre la colectividad?, ¿es optativo del gobierno asumir los riesgos a cargo del Estado?, ¿compartirlos con los privados?, ¿transferirlos?, ¿a quién transferirlos?, ¿es recuperable íntegramente la pérdida causada por el evento desastroso?, ¿qué fracción lo es?

La mayoría de las legislaciones en el mundo parecen sugerir una responsabilidad ilimitada del Estado en favor de los privados afectados por desastres. Pareciera que la suma de un cierto número de afectaciones de particulares transforma los efectos de un evento dañino –por fuerza del número– en un efecto sobre el colectivo social, independientemente de la cantidad, naturaleza y extensión de los bienes públicos afectados. Y ese carácter de afectación colectiva convoca, automáticamente, la intervención estatal. Pero ¿la necesaria intervención del Estado en la solución de afectaciones sobre el colectivo implicará, a su vez, que la responsabilidad Estatal deba comprometer amplia e ilimitadamente los dineros públicos?

Al respecto de la necesidad o no de reponer, reparar o reconstruir los bienes afectados (públicos y privados) surgen otros interrogantes adicionales: ¿es un mandato perentorio?, ¿igualmente necesario, independiente de la naturaleza de la

---

<sup>1</sup> Por ejemplo Francia: "El estado afirma la solidaridad e igualdad de todos sus ciudadanos al enfrentar la carga que resulta de las calamidades nacionales". Constitución de 1946, en Kraimer. A. et al (2002).

propiedad? (pública – privada); ¿podrían establecerse prioridades, según la naturaleza de la propiedad de los bienes bajo riesgo?; ¿a quién corresponde establecer tales prioridades? Pero también de las posibles respuestas a estos interrogantes la cadena continua por ejemplo al surgir otras preguntas tales como ¿es la reconstrucción un instrumento (o factor) de desarrollo?; ¿La reposición de viviendas perdidas debe hacerse “en propiedad?”; ¿qué pasaría con el “alojamiento temporal” en arrendamiento?; quien ya es propietario de su vivienda, ¿tiene con ello el derecho adquirido de su reposición a cargo del Estado?; ¿qué pasa con el derecho a vivienda de quien no es propietario?. El asunto de la equidad estatal. El seguro privado puede ser una parte importante de programas de gestión de riesgos pero también surgen interrogantes en relación con el cubrimiento de los daños a causa de desastres. Una política de aseguramiento sería ideal, si todos los asociados se aseguran. Pero, ¿qué pasará con quienes no tienen capacidad de pago de un seguro?. Si se trata de un sistema de seguridad privada, cada quien se aseguraría con lo que puede y tiene. Y, ¿los que no tienen?

Visto lo anterior, es inevitable tener en cuenta la responsabilidad y los deberes *ex ante* del Estado. Para esclarecer cómo hacer las comunidades más seguras, debe empezarse por discernir cómo se construye el riesgo y cómo es que las comunidades llegan a hacerse inseguras. Los modelos económicos actuales están orientados por el consumo, en el cual los incapaces están excluidos. Así que si la seguridad llega a tornarse en un objeto de consumo (es decir, una mercancía transable) debe darse solución a la incapacidad de los excluidos del circuito del consumo. Por esta razón, el seguro privado parece ser un instrumento necesario pero no suficiente y en consecuencia no debe dejarse de lado el mecanismo de la solidaridad social. Por otra parte es necesario dejar en claro que aparte de los muchos interrogantes que se han planteado aquí sobre la responsabilidad *ex post* del Estado hay que agregar otros como ¿qué hacer para no construir más riesgo?, y ¿cómo reducir el riesgo existente?, que serían el punto de partida de muchos más relacionados con las responsabilidades *ex ante* del Estado. Una comunidad que reconoce la gestión del riesgo como una expresión o forma de ejercitar el derecho a la vida, a la vivienda, al trabajo, entre otros, posiblemente propondría que se le “ayude a evitar el desastre y no sólo a reparar sus consecuencias”.

En el caso de la reconstrucción (reposición) se concluye que el gobierno es responsable de su infraestructura de inmuebles y servicios, por lo cual debe estimar sus pérdidas esperadas o pasivos contingentes y acordar mecanismos o instrumentos de retención consciente y/o transferencia de dichas pérdidas en todos los niveles. Estos instrumentos pueden obedecer a acuerdos entre los diferentes niveles de gobierno, cuando su resiliencia económica así lo indique. En otras palabras el Estado es responsable de la reconstrucción de los inmuebles públicos o bienes de la colectividad y por lo tanto es tomador de riesgo en nombre de la sociedad. Por lo tanto es deseable que en los casos que se considere conveniente realice un contrato de transferencia de pérdidas y contar con fondos de reservas que le permitan acceder a recursos para reconstruir los bienes de la colectividad. En el caso de desastres extremos es usual que los gobiernos nacionales apoyen la reconstrucción de los

bienes públicos del nivel local y regional, dada la incapacidad de estos últimos para reconstruir su infraestructura. En algunos países, con el fin de evitar el riesgo moral (dilema del samaritano<sup>2</sup>) de los niveles locales, los gobiernos nacionales exigen que éstos demuestren su esfuerzo para reducir el riesgo y que no obran negligentemente en cuanto a intervenir la vulnerabilidad en las zonas de riesgo. Con base en indicadores de gestión del riesgo se pueden establecer porcentajes de participación del gobierno nacional en el pago de primas de seguros y en la reconstrucción de los inmuebles públicos de propiedad del Estado a nivel local y regional. En cuanto a la responsabilidad con los privados parece ser que la situación es muy circunstancial, como se ha demostrado en el pasado.

Aunque no parece que deba ser una responsabilidad del Estado cubrir las pérdidas de los privados y que los mismos deben responsabilizarse de protegerse y proteger su patrimonio, por extensión de la protección de los más débiles en lo que corresponde a la atención y rehabilitación es claro que hay situaciones en las cuales políticamente no es sostenible el no atender las necesidades de reconstrucción, por ejemplo, de las comunidades más pobres afectadas por un desastre notable para la sociedad. Por esta razón y porque es una responsabilidad residual del Estado, como se demostrará más adelante, es inevitable que en caso de desastres extremos el gobierno deba reconstruir vivienda para propietarios y posiblemente arrendatarios afectados de los estratos sociales de bajos ingresos. No parece, de todas maneras conveniente apoyar en procesos de reconstrucción específica a asentamientos ilegales aunque no es fácil hacer esta distinción cuando ya ha ocurrido el desastre. Por lo tanto, se sugiere tener en cuenta al menos los estratos socio-económicos de bajos ingresos para la estimación de pérdidas potenciales con fines de estimar la responsabilidad residual del Estado en caso de desastre extremo. También habría la necesidad de apoyar circunstancialmente (es decir dependiendo del desastre) a las comunidades más pobres que pierden sus bienes y medios de sustento, con subvenciones o créditos blandos para la reposición de los mismos, e incluso subsidiar el empleo público y privado en casos extremos. También podría darse el caso de tener que apoyar al sector privado de mayores ingresos dado que su afectación puede causar un grave impacto social que es necesario mitigar o evitar por sus mayores implicaciones. Sin embargo estos casos son muy dependientes de cada situación y no es conveniente hacer estimaciones económicas de este tipo cuando son más bien una excepción y no una regla. Por lo tanto, con base en lo anterior se plantea aquí un principio de ordenamiento prioritario:

---

<sup>2</sup> La idea es que si las personas (municipios o departamentos) están seguras que contarán con transferencias, subsidios o caridad privada en el evento que sufran grandes pérdidas como resultado de un desastre o un *shock* negativo, ellos preferirán reducir el nivel óptimo de provisiones para emergencias y de gastos en aseguramiento y reducción del riesgo, obligando al Estado (gobierno central) a asumir dichas pérdidas e inversiones.

1. La vida y la integridad humana
2. Los medios de supervivencia
3. El medio ambiente. El soporte ecosistémico de la vida y la subsistencia
4. Los bienes públicos
5. Los bienes privados de uso colectivo
6. Los medios de producción soportantes del trabajo y la manutención.
7. Los bienes privados de uso individual

Se debe hacer énfasis en que el interés colectivo debe primar sobre el interés particular, como un axioma constitucional, identificable como una de las normas fundamentales de la convivencia democrática.

### **1.1 IMPACTO ECONÓMICO DE LOS DESASTRES E IMPLICACIONES PARA EL ESTADO**

Los desastres desaceleran el crecimiento económico, en términos macroeconómicos. La eficacia de las medidas que se acometen y la predicción de los resultados esperados dependen del modelo de análisis macroeconómico que se adopte. Así, la reconstrucción de inmuebles es saludable en cuanto a la reposición de un stock perdido, pero aparte de esta reposición ¿no debería adoptarse un modelo que tome en cuenta el desarrollo sostenible de la comunidad afectada? Además, se debería dar respuesta a la pregunta ¿hasta dónde debe llegar la acción estatal en la reconstrucción? Hasta ahora, poca atención se ha dispensado a la recuperación del “flujo de ingresos”, el cual se ve abruptamente disminuido por el desastre y requiere de medidas económicas estructurales, con inversiones robustas, para su recuperación y fortalecimiento, a efectos de que la economía local genere su propia dinámica de recuperación y reposición de pérdidas de stock. En consecuencia, debería revisarse el alcance de la acción estatal de “rehabilitar” y orientar esfuerzos hacia la recuperación del flujo de ingresos.

El gobierno juega un papel importante en el establecimiento de políticas y regulaciones públicas que modifican las condiciones del riesgo y los costos financieros de su retención o transferencia. Algunas regulaciones del gobierno (códigos de construcción, normas, reglamentos de usos del suelo, etc.) y políticas de incentivos (impuestos, préstamos de bajo costo, subsidios, etc.) pueden reducir el potencial de desastre. En adición a su rol de tomador de decisiones y regulador, el gobierno en todos los niveles (nacional, departamental y local) es también un propietario importante de bienes. Daños en edificios públicos e infraestructura pueden causar diferentes tipos de pérdidas: pérdida de vidas, económicas, de función y de patrimonio cultural.

Para los tomadores de decisiones, sin duda, es muy importante una buena información acerca de los costos económicos y de los beneficios asociados con una estrategia particular de reducción del riesgo. En cualquier caso es necesario saber qué tan fácil o difícil es implementar dicha estrategia, cuáles serían sus beneficios sociales



y comunitarios, cuáles sus efectos indirectos. Es importante mencionar, que a menudo las entidades necesitan ser tratadas como empresas privadas en lo relacionado con la evaluación de las decisiones de gestión del riesgo en términos financieros. En conclusión, las complejidades asociadas con este proceso hacen que el establecer estrategias de reducción, transferencia y retención de riesgos sea un reto actualmente. La selección de cual técnica adoptar es una decisión compleja porque depende no sólo del costo y las metas que se intentan alcanzar sino, en buena parte, de la opinión pública.

El refuerzo estructural puede ser la mejor opción técnica para salvar vidas y reducir el daño frente a fenómenos como los terremotos y los huracanes, pero puede ser prohibitivamente costoso. En ese caso, alguna complementariedad entre transferencia y reducción del riesgo (refuerzo) puede ser lo más factible. Relaciones de intercambio entre costos de prevención y de recuperación post-evento pueden orientar las decisiones de manejo del riesgo financiero. El costo del daño en el sector público debido a fenómenos naturales es un costo que puede ser muy alto para los contribuyentes que pagan impuestos. Los funcionarios de las instituciones públicas deben explorar las alternativas de contratación de seguros para cubrir las estructuras públicas e invertir en medidas efectivas de reducción de riesgo desde el punto de vista de los costos. Un camino para lograr este propósito es que sólo un bajo porcentaje de los daños en esas estructuras sea cubierto por los fondos del gobierno para la recuperación.

La experiencia ha demostrado que el gobierno soporta, también, algunos de los riesgos financieros asociados con el daño a la propiedad privada como las residencias, a través del papel que asume de financiar la recuperación post-evento. El costo de las provisiones del gobierno, como la atención en salud, las actividades de respuesta operativa, el alojamiento temporal y la reparación y rehabilitación después de un desastre han venido aumentando preocupantemente con el tiempo. En general, el aumento de la población y de los bienes expuestos ha dado como resultado que en la medida que se presentan nuevos desastres las consecuencias son cada vez mayores y los costos de atención y recuperación han estado aumentando. La reducción de la vulnerabilidad no se ha logrado suficientemente. Múltiples informes de la CEPAL, el banco Mundial, el BID y otros organismos internacionales como las compañías de reaseguros aportan cifras para América Latina de las últimas dos décadas que ilustran esta situación. Claramente, estos costos también deberían considerarse riesgos para el gobierno porque aun cuando no corresponden a lo que típicamente se le reconoce como “riesgo soportado” de alguna manera inciden en las decisiones de las instituciones o agencias gubernamentales en lo referente a la financiación del riesgo. Por otro lado, la protección de edificios históricos también es un aspecto a considerar dado que estos edificios son patrimonio cultural por su valor intrínseco, lo que significa que son irremplazables en caso de que sean gravemente afectados o destruidos. En estas circunstancias, se puede decir que la política del manejo del riesgo se rige por los valores sociales más que por un análisis de costo beneficio. En el anexo C se presenta una aproximación analítica acerca del crecimiento económico y el impacto de los desastres.

Eventos que pueden tener altas consecuencias y una baja probabilidad de ocurrencia, como los terremotos, no tienden a ser una preocupación mayor para una comunidad, especialmente si han pasado varios años desde el último desastre. Esta situación hace que muchas veces el sector público no le dé mayor relevancia al tema de la gestión de riesgos. Usualmente, para el gobierno la opinión pública es la fuerza que dirige muchas de las decisiones, detrás de la gestión de riesgos, y por lo tanto estas decisiones están cargadas de implicaciones políticas. En algunos casos las decisiones claramente están gobernadas por la percepción pública del riesgo más que por el costo beneficio o la seguridad de la sociedad. Las medidas de reducción del riesgo o mitigación, de alguna forma, están relacionadas o conectadas con la disponibilidad de la ayuda humanitaria post-desastre. Los gobiernos locales y departamentales usualmente cuentan con una ayuda nacional que funciona como un seguro sin costo. Infortunadamente, esto desincentiva el contar con fondos locales para la mitigación y preparación. Diferentes estrategias de gestión de riesgos proveen diferentes beneficios, que usualmente son complementarios.

Un mecanismo de transferencia de riesgo como el seguro puede pagar parte del costo de reparación y reducir la pérdida económica causada por el daño de los edificios, pero este mecanismo poco puede hacer por la protección de la vida, la pérdida de funcionalidad, la protección del patrimonio y por mitigar otros costos sociales derivados. Esta es la razón por la cual la gestión del riesgo debe ser integral. Desde la perspectiva de la ingeniería sísmica, por ejemplo, el refuerzo estructural es la estrategia técnica más efectiva que se debe seleccionar para reducir el riesgo, porque este mecanismo influye favorablemente en la reducción de todos los tipos de pérdidas a las que el gobierno está expuesto. Sin embargo, los factores limitantes en su adopción han sido siempre el costo y su factibilidad de implementación. Aunque, el refuerzo debería ser llevado a cabo antes que un evento peligroso se presente, es muy frecuente que se realice como parte de la actualización de las estructuras dañadas después de un sismo, porque es cuando los fondos tienen mayor disponibilidad. Las fuentes de los fondos varían notablemente en cada nivel de jurisdicción y de hecho a nivel local usualmente existe la posibilidad de acceder a recursos del nivel departamental o nacional; y a nivel nacional existe la posibilidad de recibir apoyo de los organismos multilaterales, que de forma análoga terminan cumpliendo el papel de facilitar créditos contingentes sin un previo acuerdo o negociación.

### **1.1.1 Sostenibilidad y vulnerabilidad fiscal**

El análisis de la vulnerabilidad fiscal de una economía a las conmociones internas y externas hace necesario contar con información acerca de la deuda total y los pasivos contingentes. Existe cada vez mayor conciencia de la importancia que pueden tener los pasivos contingentes de los gobiernos y los bancos centrales al evaluar la situación macroeconómica y la sostenibilidad fiscal. Muchos países han incluido en sus análisis fiscales los pasivos contingentes con el fin de entender y contextualizar los riesgos fiscales a los que está expuesta cada nación.

Los organismos multilaterales y privados que se encargan de evaluar los riesgos crediticios y la solidez de las finanzas públicas de los países están cada vez más interesados en incorporar en sus análisis los pasivos contingentes de las entidades públicas. De hecho, un diagnóstico de la situación fiscal de un país queda a medias o incompleta si no se cuenta con información confiable sobre la valoración de las obligaciones contingentes asumidas por las entidades gubernamentales. En este sentido, entidades como el Fondo Monetario Internacional han propuesto cambios metodológicos y contables con miras a introducir una mayor transparencia en los balances financieros y en los presupuestos públicos, con el fin de hacer explícitas las demandas de recursos que exigen los compromisos adquiridos por el Estado.

En este sentido se puede decir que “un buen sistema institucional exige que el gobierno considere todo programa no monetario que implique un riesgo fiscal contingente como una partida presupuestaria o de deuda. Más importante aún, el sistema debe permitir que se prevea el costo fiscal potencial de los programas extrapresupuestarios. Los sistemas presupuestarios y contables basados en valores devengados fomentan la disciplina fiscal, pero no son enteramente suficientes ni necesarios. Las reglas correspondientes a las garantías y los programas de seguros del Estado, así como la conducta de las entidades garantizadas por el Estado, las entidades públicas y las administraciones provinciales son de importancia crítica” (Polackova, 1999).

La garantía de pensión mínima de los fondos privados, las obligaciones contraídas de seguro social con los afiliados de las empresas privadas y las obligaciones con los trabajadores del sector público afiliado a una dispersa red pública y los fondos de pensiones de carácter público constituyen la principal fuente de pasivo contingente, como también algunos contratos de construcción de infraestructura en los sectores eléctrico, telecomunicaciones y de carreteras. El pasivo contingente se transforma en pasivo cierto cuando el evento garantizado se produce, es decir, cuando personal garantizado por el Estado se jubila y los fondos existentes son insuficientes o cuando se liquida un contrato y los resultados se encuentran por debajo de los mínimos respaldados. En cualquiera de los dos casos es indispensable asignar recursos del presupuesto para cubrir lo causado. Esos recursos son nuevos y deben financiarse como los demás rubros de gasto público, de tal manera que para cubrir la nueva necesidad hay que sacrificar otros destinos o encontrar fuentes alternas de financiamiento vía reformas pensionales y tributarias o mediante empréstitos.

El marco analítico adecuado para evaluar las implicaciones financieras y presupuestales de los pasivos contingentes es sin duda el de la sostenibilidad fiscal. Ello implica realizar estimaciones del valor de los compromisos tomando en cuenta todos los factores sociales, económicos, políticos, geográficos, demográficos y naturales que desencadenen el evento que haga efectiva la contingencia. El ejercicio requiere estimar el resultado más probable para un horizonte finito de tiempo y posteriormente incorporar los flujos anualizados al déficit primario requerido para mantener la deuda bruta “explícita” en su senda estable. La razón de que el pasivo

contingente se separe de la deuda explícita reside en que el primero no depende de la trayectoria de la tasa de interés ni de la tasa de crecimiento.

Un ejercicio interesante que se puede realizar consiste en determinar el déficit primario anual compatible con una trayectoria de la deuda pública consistente con la restricción presupuestal de largo plazo. Para ello se requiere definir un nivel de deuda sostenible, un horizonte de tiempo y las trayectorias de la tasa de interés real y de crecimiento. A partir de la restricción presupuestal del gobierno, se puede derivar una expresión formal que permite relacionar los flujos de ingresos y gastos y los stock de deuda como proporción del PIB, de tal manera que es posible determinar la evolución de la deuda pública, asumiendo como dadas la tasa de interés real, la tasa de crecimiento del PIB real y los superávits primarios. De la misma manera, es fácil derivar otra relación que permite encontrar el superávit primario necesario para garantizar una trayectoria de la deuda pública compatible con la condición de sostenibilidad. La ecuación que permite determinar el déficit primario es la siguiente:

$$(g - t) = \left( b_T - b_0 e^{(r-\dot{Q})T} \right) \frac{(r - \dot{Q})}{e^{(r-\dot{Q})T} - 1} \quad (1)$$

donde,  $g$  es la relación del gasto sobre el PIB,  $t$  es la relación de los ingresos sobre el PIB,  $\dot{Q}$  es la tasa de crecimiento del PIB real,  $r$  es la tasa de interés real,  $b_0$  es el saldo de la deuda como proporción del PIB en el año respectivo,  $b_T$  es el saldo de la deuda en el año  $T$ .

Es importante anotar que los resultados son muy sensibles a los supuestos que se realicen sobre el crecimiento económico y las tasas de interés. Clavijo (2004) realiza para Colombia varias simulaciones. Al final, elige el más cercano a las condiciones reales del país: una tasa de interés real de 7% y una tasa de crecimiento del PIB de 2%. Con estos supuestos se encuentra que el déficit primario requerido para mantener constantes los pasivos explícitos es de 3% del PIB, a este valor se le debe agregar el 1.3% del PIB correspondiente a los flujos de caja originados por los pasivos contingentes. Si la diferencia entre la tasa de interés y la tasa de crecimiento es positiva, entonces es necesario tener superávits primarios para que la deuda sea estable.

Se dice por lo tanto que existe “sostenibilidad fiscal” cuando el saldo actual de la deuda explícita más la deuda o los pasivos contingentes del gobierno es igual al valor presente descontado de los superávits primarios futuros. La importancia de analizar los pasivos contingentes radica en que aun cuando dichos pasivos contingentes no son parte de la deuda contraída explícitamente, pueden potencialmente incrementar el valor de la deuda en forma significativa en el futuro, con el consecuente impacto sobre el desempeño fiscal. Así se muestra con claridad el esfuerzo en términos de recursos que tiene que hacer el gobierno para mantener la sostenibilidad de las finanzas públicas y evitar la “vulnerabilidad fiscal”, sin tener que hacer cambios

bruscos en la trayectoria de los gastos, acudir a la emisión monetaria o al *default* de deuda. En el anexo D se describe la forma como se estima el gasto sostenible intertemporal.

### 1.1.2 Los desastres como pasivos contingentes

Aunque las reformas de libre mercado y la privatización de los activos públicos han permitido reducir la responsabilidad del Estado en la provisión de infraestructura, es difícil pensar que en los países en desarrollo, el mercado permitirá reducir el nivel de asistencia del gobierno cuando se producen desastres de gran magnitud. De una parte, los mercados de seguros no son profundos y se presentan serias imperfecciones y problemas institucionales que impiden su desarrollo. Para sólo dar un ejemplo, mientras que en países como los Estados Unidos cerca del 30% del costo de los desastres está asegurado, dicho porcentaje apenas puede llegar al 2% en los países en desarrollo. Por otro lado, el acceso a los mercados financieros está restringido a los sectores ricos y empresariales, dejando sin cobertura a la gran masa de la población.

De allí que sea inevitable, por lo menos, en el mediano plazo, reconocer el compromiso implícito del Estado como instrumento asegurador de los pobres. De hecho, existen argumentos económicos, como la solidaridad que permiten justificar una transferencia del Estado hacia los pobres cuando están en riesgo y carecen de medios para protegerse de pérdidas de ingreso. Incluso, podría pensarse que este problema tiene una solución fácil siempre y cuando se adoptaran medidas que permitieran a los países acceder al gigantesco mercado mundial de transacciones de seguros y derivados financieros. En términos generales es posible que un país pobre pueda acudir a los mercados financieros internacionales para comprar los seguros y cubrirse 100% de las pérdidas de un evento catastrófico, que si bien puede considerarse grande para el mercado nacional, es despreciable desde la perspectiva de la economía global de seguros. En este caso, el gobierno podría reducir de manera eficiente los gastos para atender a las víctimas y asignar sus recursos en aquellas actividades que mejoren la equidad y el crecimiento de largo plazo. Sin embargo, “los mercados de seguros parecen ser lo suficientemente segmentados y poco profundos que distribuir los riesgos que enfrentan algunos países en desarrollo puede ser problemático. Es decir, el acceso a los mecanismos de cobertura eficientes se reduce cuando los agentes y el Estado tienen los mayores incentivos para acogerlos. Ello, por supuesto, aumenta los compromisos implícitos del Estado cuando sobrevenga el siguiente desastre.

Existen otros mecanismos y políticas por medio de las cuales el Estado puede reducir sus obligaciones contingentes en caso de desastre. Estas medidas son las medidas de prevención-mitigación, que significan una adaptación del contexto social y material a las amenazas naturales. Entre estas medidas se pueden mencionar el ordenamiento territorial y las normas de construcción sismorresistente por ejemplo. En ciertos casos, el gobierno puede incluso establecer que si alguna persona construye en zonas de alto riesgo, no acudirá en su auxilio si se presenta un desastre. Sin embargo, los agentes no toman en serio dicha advertencia dado que consideran que si ocurre un

deslizamiento, una inundación o cualquier otro evento que cause un desastre, el gobierno no podría cumplir con ese propósito y terminará auxiliando a las personas afectadas por el siniestro. Este fenómeno es conocido como el problema de inconsistencia temporal de las políticas económicas. Está asociado a la interacción estratégica entre los agentes y el Estado. En la medida que este problema se presente y el gobierno no tenga mecanismos para ganar reputación o inhibirse de actuar, deberá incluir en sus pasivos contingentes las pérdidas probables que afectan a todos los sectores de la población que, infortunadamente, violan los códigos de construcción y los usos del suelo urbano, para el ejemplo.

Finalmente, se puede citar un argumento adicional que hace que los desastres sean un pasivo contingente del gobierno. Este tiene que ver con las transferencias que hace el gobierno a los agentes, generalmente hacia los pobres. Este problema se conoce con el nombre del dilema del samaritano. La idea es que si las personas están seguras que contarán con transferencias, subsidios o caridad privada en el evento que sufran grandes pérdidas como resultado de un desastre o un *shock* negativo, ellos preferirán reducir el nivel óptimo de gastos en aseguramiento, obligando al Estado a asumir dichas pérdidas. En efecto, “una vez el desastre ocurre, el gobierno tendrá grandes presiones y una fuerte inclinación para salir a cubrir las pérdidas no aseguradas. Conociendo esto, sin embargo, las firmas privadas y los hogares tendrán menos incentivos para comprar seguros y adoptar medidas de prevención. Del mismo modo, los países en desarrollo creen que ellos pueden contar con los donantes extranjeros, lo que reducirá la inversión en medidas de mitigación y aseguramiento” (Paul Freeman, Michael Kenn, an Muthukumara Mari, 2003).

En síntesis, el dilema del samaritano agrava el problema de los pasivos contingentes en los diversos niveles. A nivel individual las firmas y los hogares reducen los gastos de aseguramiento y adaptación, a renglón seguido, los gobiernos subnacionales reducen el gasto público en atención y prevención de desastres y disminuyen la compra de pólizas de seguros, finalmente el gobierno nacional confía en que la ayuda “humanitaria” internacional le resolverá todos los problemas. Al final, esta cadena obligará al Estado a sumir costos que de otra manera podrían haberse transferido de manera eficiente a los mercados o a los agentes vía mercado.

En este orden de ideas, un principio de transparencia fiscal es hacer explícitas en las cuentas de balance y en los presupuestos públicos el valor de las obligaciones contingentes que podrían generarse por la ocurrencia de los desastres. Sin embargo, como lo reconocen muchos especialistas esto raramente se hace, incluso en los países desarrollados, ya sea por carecer de información o por no contar con métodos robustos para valorar las pérdidas. No obstante, “una simple declaración de la máxima pérdida probable como un ítem del memorando –la aproximación algunas veces adoptada para otras obligaciones contingentes– junto con un amplio informe sobre la verosimilitud de la ocurrencia (identificar, por ejemplo, si este es un evento de uno en diez años, o uno en veinte, etc.), podría claramente ser informativo para la evaluación de la sostenibilidad fiscal de un gobierno” (Paul Freeman, Michael Kenn, an Muthukumara Mari, 2003). Tomando inicialmente esta sugerencia, se podría decir

que el pasivo contingente para el gobierno nacional podría estimarse mediante el cálculo de la Pérdida Máxima Probable (PMP) (*Probable Maximum Loss*, PML) definido para un determinado período de retorno (50, 100 ó 500 años). Se podría pensar que el gobierno en principio no debería acudir en la ayuda de los sectores medios y ricos de la sociedad, sin embargo, por las razones anotadas, en general, el Estado tendrá que atender también en ocasiones las demandas de asistencia de dichos sectores. Algunos hechos confirman esta apreciación. Durante las crisis financieras los gobiernos han hecho transferencias importantes a los deudores de vivienda, pertenecientes a los estratos medios de la sociedad. Del mismo modo, con la reevaluación de algunas monedas, las autoridades económicas han diseñado esquemas de subsidios hacia los sectores exportadores, grupo constituido en su mayor parte por los grandes propietarios de tierras y los ricos empresarios de la agricultura.

Ahora bien, el dilema del samaritano se cumple en países en desarrollo casi inexorablemente cuando se presentan estos casos. En efecto, en el caso anterior, los agentes tenían a su disposición una serie de mecanismos financieros de cobertura de tasa de cambio y los mercados de futuro, sin embargo, el uso de estos instrumentos fue mínimo, tal vez esperando que el gobierno acudiera en su auxilio, como efectivamente ocurrió. “Todo lo que se necesita para nuestro argumento es que los agentes tengan algún conocimiento de cómo las decisiones de las autoridades económicas cambiarán como resultado del cambio en las condiciones económicas” (Kydlund y Prescott, 1977). Por supuesto, los valores se pueden reducir descontando las pérdidas aseguradas, sin embargo, en el caso de las inundaciones no existe información del monto de coberturas ni del gasto en seguros.

En la medida que se hace necesario reducir la exposición del gobierno a choques como los mencionados, la literatura recomienda que si bien el Estado debe continuar realizando transferencias a los agentes en condiciones de vulnerabilidad, es importante que el gobierno coordine acciones conducentes a que los pobres adquieran seguros, ello se puede realizar de diversas maneras, otorgando por ejemplo subsidios condicionados a la compra de instrumentos de cobertura. En realidad, la manera como se haga no tiene mayor relevancia, lo esencial es promover el uso óptimo de los mecanismos de mercado para la transferencia de riesgos, incluso para los sectores de estratos de menores ingresos.

Se concluye que los gobiernos deben incorporar en su análisis de sostenibilidad fiscal un nuevo pasivo contingente que no ha sido debidamente considerado: Los desastres (pérdidas por fenómenos naturales) que pueden generar compromisos por parte del gobierno nacional o subnacional como consecuencia de las garantías implícitas que se incorporan en los cálculos de los agentes privados, lo cual se asocia con los problemas inherentes al funcionamiento de los mercados de seguros, a la inconsistencia temporal de las políticas públicas y al llamado dilema del Samaritano.

En resumen, los Ministerios de Finanzas o Hacienda o Economía según sea el caso y los entes que llevan la Contaduría General de los países deberían formalmente

ampliar el balance de la Nación, para que incluya los cambios en activos y pasivos implícitos y no solamente las variables de flujo explícitas como el gasto total (salarios, inversión, intereses de la deuda, etc.), los ingresos corrientes (impuestos, préstamos previstos) y déficit fiscal. Las provisiones para los desastres que pueden ocurrir son contingencias implícitas que no se colocan en el balance. Del lado del pasivo (deuda pública externa o bonos emitidos, la deuda interna, los TES y los préstamos que hace el gobierno) se tienen en cuenta pasivos contingentes (como garantías de los depósitos en bancos, el valor presente neto de las pensiones, las garantías de deuda de las entidades públicas y de la infraestructura o concesiones), pero estos pasivos son explícitos donde habría que cubrir, por ejemplo, las diferencias cuando no se dan los valores esperados o pactados o porque son garantías bien definidas. Ahora bien, los desastres son pasivos contingentes implícitos, que no están pactados pero que son exigibles en un determinado momento, al igual que por ejemplo el salvamento de entidades financieras y la protección de los ahorradores, de entidades territoriales o deudas no garantizadas, las condenas por fallos contra el Estado a causa de errores, entre otras. En otras palabras, la probabilidad de desastres representa un pasivo contingente que se convierte en pasivo cierto cuando se produce el evento. En la sección 2 se presenta una descripción del Índice de Déficit por Desastre (IDD) que es un indicador de la vulnerabilidad fiscal que se deriva de desastres extremos factibles para un país.

### 1.1.3 Responsabilidad residual del Estado

Los gobiernos tienen la obligación de atender con eficiencia y equidad a las familias afectadas que no sólo carecen de protección y medios económicos para asumir los costos financieros de cobertura, sino que además se encuentran en los estratos de bajos ingresos. Esta perspectiva, si bien limitada, es coherente con los lineamientos de la “política social” moderna de los países. En efecto, la idea es que el Estado debe preocuparse por resolver los problemas de los ciudadanos más pobres de la sociedad, eliminando todos los subsidios cruzados. Por tal razón, es necesario que las autoridades definan con claridad el conjunto de la población objetivo y adecuen las normas de focalización con el fin de mitigar la exposición de los hogares en alto riesgo. Sin embargo, en muchas circunstancias es prácticamente imposible determinar la asignación de costos y beneficios de manera óptima. En los desastres es posible que sectores de la población que no eran objeto de la política social antes de producirse el desastre terminen perdiendo su patrimonio y caigan en condiciones de pobreza. Un utilitarista defendería la subsidiaridad del Estado en esta situación<sup>3</sup>. Así las cosas, la responsabilidad de los gobiernos puede extenderse dependiendo de la gravedad del evento y de las externalidades negativas que se generen como consecuencia del desastre. En este sentido, es importante establecer un marco coherente que permita determinar con el mayor rigor posible la compatibilidad de los equilibrios macroeconómicos con las decisiones y responsabilidades de cada uno de los agentes de la economía.

---

<sup>3</sup> Amartya Sen (2002). Desarrollo y Libertad, Planeta.

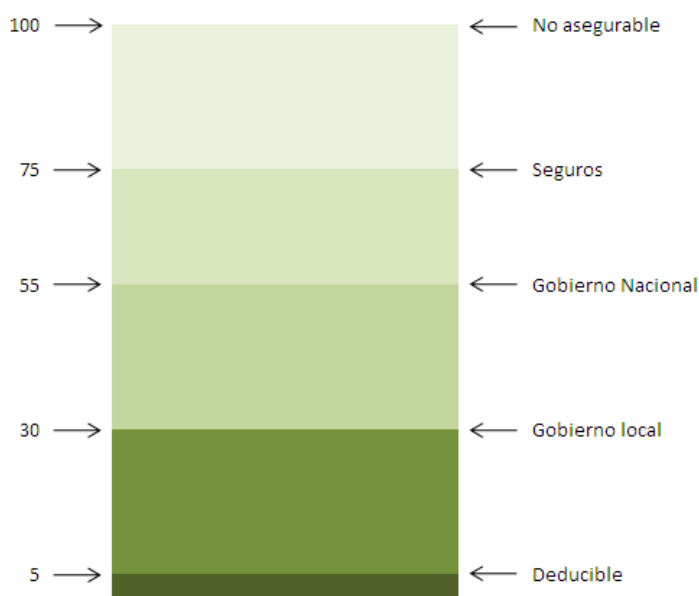


El anexo E presenta un soporte conceptual consistente que ilustra la responsabilidad residual del Estado en situaciones de desastre. De dicha demostración sencilla pero robusta se concluye que es necesario aparte de cubrir la infraestructura pública por parte del Estado, cubrir las pérdidas causadas por desastres en los hogares más pobres. La población objetivo que reúne dichas características se podría asociar inicialmente con las familias de estratos de más bajos ingresos. Suponiendo que las empresas privadas y del gobierno se protegen de las pérdidas por desastres por medio de su ahorro y los seguros, quedan los hogares, de los cuales se puede excluir los estratos altos, que cuentan con activos financieros, ahorro y mecanismos de cobertura de riesgos que ofrece el mercado de capitales. De este modo sólo quedan las familias que carecen de activos financieros, que simultáneamente son racionados por los mercados de capitales y gastan todo lo que ganan, es decir, carecen de ahorros. Por supuesto, si el gasto del Estado no cubre el monto de las pérdidas, los hogares asumirán las consecuencias reduciendo sus activos de capital (bienes durables y casas) ahondando aún más su nivel de pobreza.

Ahora bien, falta por definir los puntos críticos de intervención del gobierno o los niveles de gobierno. Es claro que para pequeños desastres el gobierno subnacional debería actuar para compensar a los ciudadanos más pobres de su jurisdicción, sin embargo, los puntos de demarcación de la responsabilidad del gobierno subnacional se hacen más difusos cuando el evento que se produce es un terremoto o evento de alta intensidad que destruye una parte importante del capital de la ciudad o de la región y genera un número importante de muertos y afectados. Al parecer la manera como podría tratarse este problema es asignar el papel de asegurador en primera instancia al gobierno subnacional y el de una especie de reasegurador al gobierno nacional. Es decir, se puede establecer un valor mínimo de pérdidas a partir del cual el gobierno nacional asumiría los costos del desastre, dado que la magnitud del choque sobrepasa la capacidad financiera del gobierno local o subnacional. Una manera esquemática es la que se muestra en la Figura 1.1 que ilustra una estructura de retención y transferencia en la cual se han colocado unos valores hipotéticos del total de un portafolio de bienes. Los umbrales factibles obedecen a factores económicos y financieros y también a la economía política del problema.

El ejemplo es optimista. De un total de pérdidas de 100, se observa que se pueden cubrir 75. La distribución es de acuerdo a criterios económicos, políticos y de equidad. Los hogares asumen 5 del total. El gobierno subnacional actúa cuando las pérdidas sobrepasan este nivel y cubre hasta 25 puntos. Si el evento fue lo suficientemente fuerte que sobrepasa los 30 puntos, entonces el gobierno nacional contribuye con 25 puntos adicionales. Las pérdidas que superen estos umbrales deben ser cubiertas por los seguros privados y públicos.

La construcción de un modelo financiero que permita definir las estrategias óptimas a seguir para manejar y gestionar el riesgo de un desastre exige tener información sobre las pérdidas probables de este tipo de eventos. Dichas simulaciones provienen de los modelos de catástrofe diseñados por los ingenieros y especialistas en ciencias de la tierra.



**Figura 1.1. Estructura de retención y transferencia del riesgo.**

Una vez se establecen los rangos de las pérdidas y sus respectivas probabilidades, se deben elegir los instrumentos y opciones financieras más adecuados para minimizar las pérdidas sociales. Los criterios de optimización son simples. Se construye un modelo general en el cual se introducen los beneficios y los costos de las opciones existentes en los mercados de seguros, de capitales y de orden gubernamental; así se construye un portafolio de recursos que permitirá a las autoridades subnacionales hacer uso de los mismos para enfrentar las consecuencias de un terremoto u otro desastre de grandes proporciones, sin comprometer su estabilidad financiera y fiscal.

El primer paso en el diseño del modelo de ingeniería financiera es la estimación de la Pérdida Máxima Probable, PMP. Este indicador es una medida del riesgo correspondiente a la mayor pérdida que el gobierno puede experimentar a partir de los cálculos del modelo de catástrofe. En general, la PMP se estima para un período de retorno dado. Por ejemplo, una PMP de 100 millones de dólares para un período de retorno de 500 años, implica que las pérdidas por encima de este valor tienen una probabilidad de 0.2% de ocurrir en cualquier año dado. Una herramienta complementaria es la curva de probabilidad de excedencia para un valor dado de pérdidas monetarias. Una vez se estima la función de probabilidad excedente, los riesgos se hacen explícitos. Las autoridades gubernamentales deben establecer que parte de estas pérdidas probables son de su responsabilidad, de acuerdo a los mandatos constitucionales y a los programas de gobierno. Posteriormente, necesita determinar que parte de ese riesgo puede retener y que parte transferir a otros agentes, ya sea el gobierno nacional, las aseguradoras y los mercados de capitales. Supongamos un ejemplo hipotético en el cual el modelo de simulación de eventos catastróficos arroja una función de probabilidad de excedencia de pérdidas como la que ilustra en la figura 1.2.

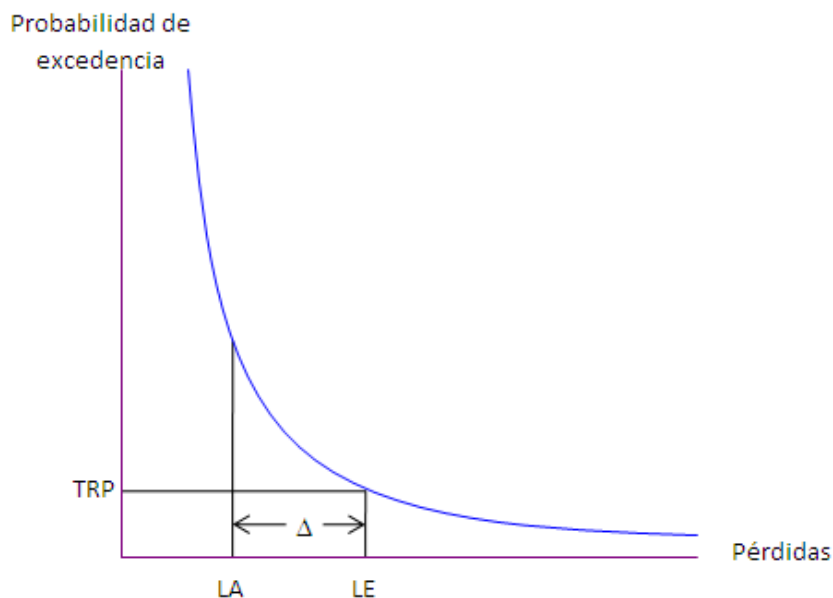


Figura 1.2. Función de probabilidad de excedencia de pérdidas.

Las autoridades definen una probabilidad de crisis fiscal por (TRP), es decir, la probabilidad de que las pérdidas sociales de responsabilidad del gobierno subnacional excedan un valor de LE. En ese caso, los costos del terremoto podrían implicar una demanda gigantesca de recursos públicos que dejarían a la administración local o subnacional en una situación financiera crítica, obligando a las autoridades a interrumpir los pagos de sus pasivos y a reasignar los recursos para atender el desastre. Adicionalmente, los ingresos por concepto de impuestos podrían reducirse considerablemente si el desastre destruye buena parte del capital de las empresas y las construcciones de los hogares. De allí que no sea conveniente para las autoridades del nivel subnacional retener todo el riesgo. De hecho, lo aconsejable sería transferir parte del riesgo a los mercados de capitales o a las compañías de seguros. En la figura 1.2 se muestra que si cubren  $\Delta$  millones de pérdidas con los mecanismos del mercado de capitales o de seguros, el gobierno subnacional debería asumir únicamente LA millones de las pérdidas totales.

Ahora bien ¿Cómo sufraga el gobierno los costos de atención de emergencias y reconstrucción? Puede decidir hacerlo después de que se ha presentado el desastre; es decir de manera *ex post*, que es la forma menos eficiente y eficaz, aplicando nuevos impuestos, esperando donaciones internacionales, desviando el presupuesto o préstamos aprobados y solicitando nuevos créditos con los organismos multilaterales internacionales. La otra forma de hacerlo es antes de que los desastres se presenten; es decir, de manera *ex ante*, que es la forma usualmente más eficiente y eficaz en términos financieros: constituyendo fondos de reservas, contratando seguros y reaseguros, acordando créditos contingentes, emitiendo bonos de catástrofe u otros mecanismos del mercado de capitales. A continuación se describen en forma resumida los diferentes mecanismos de transferencia y retención del riesgo que los

gobiernos podría explorar para tener una política *ex ante* de financiamiento del riesgo de desastre.

## **1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN FINANCIERA**

A nivel internacional, cambios rápidos en el sector financiero están permitiendo la aparición de alternativas para enfrentar las pérdidas causadas por fenómenos peligrosos como terremotos, huracanes, inundaciones, entre otros. El mercado de capitales es global y permite la posibilidad de que se puedan realizar inversiones en diferentes sitios del mundo. La combinación de los nuevos conocimientos y técnicas de la ingeniería y la ciencia, lo que incluye la modelación más precisa de pérdidas potenciales y un mejor entendimiento científico del riesgo, los avances en la computación y la tecnología de la información y las innovaciones en el mercado financiero están abriendo nuevos horizontes y nuevas fuentes de capital para enfrentar las pérdidas debidas a desastres.

Los mecanismos disponibles en los mercados de seguros y de capitales no son sustitutos entre sí, sino que son complementarios y se deben usar simultáneamente en una estructura combinada que cubra diferentes capas de riesgo. Dentro de esta estructura participan distintos tipos de agentes, entre ellos, empresas aseguradoras, reaseguradoras, inversionistas privados, banca de inversión, intermediarios financieros y entidades multilaterales, lo cual implica que aunque existe esta estructura institucional, el marco regulatorio del uso de este tipo de instrumentos está por fuera de la esfera nacional. Por esta razón, además de un estudio detallado que especifique el diseño y la estrategia de colocación de la estructura de financiación, es necesario trabajar en el logro de acuerdos multilaterales que permitan el acceso de instituciones locales a los mercados internacionales y al establecimiento de acuerdos que permitan consolidar una marco regulatorio común a las distintas entidades nacionales e internacionales participantes en el sistema.

El sector gobierno tiene diversas opciones para transferir el riesgo a través de seguros, incluido el seguro privado, incluso el *risk pooling* y la mutualidad entre agencias gubernamentales. El *risk pooling* se define como elementos de transferencia del riesgo donde varias entidades privadas y/o mixtas, es decir compuestas de capital privado y del gobierno, comparten mutuamente la responsabilidad bajo parámetros de exposición, costo y utilización preestablecidos. Otra opción que podría considerarse es la transferencia del riesgo a mercados de capitales a través de instrumentos financieros.

Los precios de los seguros y de los reaseguros se ven distorsionados por restricciones de oferta y de demanda. Una estructura institucional y regulatoria más sólida y un sistema de información transparente contribuirían notablemente a reducir este tipo de restricciones. Sin embargo, mientras se logran implementar dichos cambios, es de vital importancia que tanto los gobiernos nacionales y los gobiernos subnacionales tomen conciencia de la importancia de adoptar medidas de diversificación de los

riesgos de desastres, especialmente los que conciernen con daños en la infraestructura física. Mecanismos como el aseguramiento permiten disminuir la carga fiscal del gobierno una vez ocurrido un desastre.

A partir de la definición de las responsabilidades del Estado y de su capacidad fiscal, se pueden establecer acuerdos entre éste y compañías aseguradoras y reaseguradoras por medio de los cuales se puedan cubrir los riesgos mediante el diseño de instrumentos financieros adecuados. En este contexto, es importante destacar que los bonos de catástrofe, a diferencia de otros instrumentos, actualmente son más transados en el mercado y por lo tanto son el instrumento más adecuado para cubrir el riesgo de las responsabilidades del Estado cuando se trata de portafolios grandes. En el caso de los otros instrumentos el problema básico es que por bajos niveles de transabilidad, algunos de ellos han dejado de circular.

Luego de una revisión detallada del funcionamiento de diferentes mecanismos para transferir riesgo al mercado, se observa que se destacan dos responsabilidades que debe asumir el Estado ante posibles desastres: por un lado, la infraestructura y las construcciones públicas, y por el otro, la población de bajos ingresos que no cuentan con los recursos para adquirir pólizas de seguro y que además tienden a estar ubicadas en las zonas más propensas.

En general, existe consenso en que el sector privado, así como la población de niveles de ingreso medio y altos, deben por sí mismos adquirir pólizas de seguro en el sector privado. Sin embargo, existen ineficiencias en el mercado local de seguros que llevan a problemas de oferta por parte de las aseguradoras (altos precios y restricciones en las cantidades de pólizas ofrecidas para este tipo de riesgo). En estos términos, el único tipo de intervención estatal que se sugiere para el cubrimiento de estos sectores de la población es la adecuada regulación del mercado de seguros y la búsqueda de la capitalización de dicho mercado.

### **1.2.1 El seguro y reaseguro como mecanismo tradicional**

El seguro y el reaseguro son instrumentos de protección financiera que permiten transferir el riesgo a una compañía de seguros y al mercado de reaseguros a nivel internacional. Para el caso de eventos naturales extremos tales como terremotos o huracanes, el riesgo, entendido como el potencial de pérdidas económicas, significa la posibilidad de que se afecten en forma simultánea varios bienes dentro de un portafolio.

El seguro es el mecanismo más utilizado por el sector privado y por los gobiernos para transferir los riesgos de pérdidas económicas causadas por desastres. El mercado de seguros internacionales cuenta con gran experiencia en el manejo de este tipo de riesgos y las compañías aseguradoras y reaseguradoras más grandes han encontrado diversos mecanismos para transferir el riesgo por desastres al mercado global de capitales. Existen varias compañías internacionales que tienen la capacidad de suscribir contratos en los que se consideran coberturas por exceso de cúmulo. Esta

alternativa tiene la ventaja de que el cedente descarga en la compañía de seguros el riesgo incurriendo en menores costos de manejo. Una vez cedido o transferido el riesgo a la compañía, ésta, como tomadora, decide la manera óptima de diversificar su portafolio. Instituciones grandes, como son los gobiernos, pueden tener fácil acceso a este mercado, por lo que este mecanismo de transferencia del riesgo es una alternativa viable. Las entidades territoriales pequeñas podrían recurrir al gobierno central para, a través de éste, canalizar su transferencia de riesgo a una compañía de seguros. Por regla general, el tipo de seguro que se utiliza cuando se consideran desastres es el seguro por exceso de pérdida (XL).

En lo concerniente a los reaseguros este es un contrato de tipo no proporcional que le permite al asegurador primario retener una mayor parte de la prima bruta sin tener que renunciar a estar cubierto contra siniestros grandes. A cambio de este beneficio, el reasegurador se expone a un mayor riesgo, al tener que responder por la totalidad de los fondos establecidos por la prioridad. La prioridad o deducible es el monto hasta el cuál el asegurado (en el caso de los reaseguros el asegurador primario) retiene la totalidad del riesgo, es decir que hasta este punto el asegurado responde por la totalidad de sus pérdidas. A partir de un monto igual a la prioridad el asegurador (o reasegurador) responde por los siniestros que se presentan hasta un monto máximo conocido como el límite. El asegurador (o reasegurador) está entonces comprometido a cubrir las pérdidas que exceden el deducible hasta la cantidad establecida por el límite. La distancia entre el monto deducible y el monto límite es conocida como una capa (*layer*). Según el tamaño del siniestro el mercado de seguros y de reaseguros puede organizarse en varias capas.

Un gobierno subnacional o nacional puede promover por lo tanto acciones consistentes en transferir parte de su riesgo. Como se mostró en la Figura 1.2, se desea cubrir la pérdidas probables LE-LA por medio de mecanismos de aseguramiento. Los instrumentos más desarrollados son los siguientes:

- *El seguro* es un contrato por medio del cual una empresa aseguradora se compromete a asumir el riesgo de ocurrencia de un acontecimiento incierto, obligándose a pagar las pérdidas en que pueda incurrir el tomador por efecto del riesgo determinado en el contrato. En contraprestación el tomador debe pagar una prima al asegurador. Este mecanismo es posible gracias al principio mutuo; el cual plantea la compensación entre personas sometidas a un mismo riesgo. Ahora bien, el mercado asegurador en los países de la subregión representa un pequeño porcentaje del PIB. El sector asegurador está altamente concentrado en estos países. Unas pocas compañías grandes controlan la mayor parte del mercado. Los ramos de la industria con mayor participación son los seguros de vida y los seguros para automóviles. La participación de los seguros contra desastres naturales es muy pequeña. Por esta razón es de vital importancia que los gobiernos centrales y subnacionales implementen nuevas estrategias para estimular el desarrollo del mercado primario de seguros contra las distintas amenazas que representan los desastres, dando especial importancia a la transferencia del riesgo de los daños en la infraestructura física pública. Este

primer paso permitiría disminuir la carga fiscal de los gobiernos después de un desastre y abriría la senda a seguir para facilitar el acceso del sector privado al mercado de seguros.

- *El reaseguro* es el seguro de las compañías aseguradoras. En otras palabras, es la transferencia del riesgo a un segundo asegurador por parte de una compañía que ha adquirido directamente el riesgo de sus clientes. El asegurador utiliza el reaseguro para limitar las fluctuaciones temporales en los siniestros frente a los que es responsable y para protegerse contra la insolvencia en caso de un desastre. Sin embargo, existen algunos inconvenientes en su uso. Los precios de los seguros y reaseguros a nivel mundial tienden a ser muy inestables. Después de una catástrofe de grandes proporciones las primas de seguros y de reaseguros se incrementan súbita y dramáticamente. Estos incrementos tienden a desvanecerse en el tiempo pero de manera mucho más lenta a la elevación. Este comportamiento de los precios puede estar explicado por el intento de los reaseguradores de obtener una compensación vía precios por las pérdidas en que incurren después de un desastre, dado que los contratos entre aseguradores y reaseguradores son de largo plazo. Otro factor que influye en este comportamiento cíclico de los precios es la revisión que hacen las compañías aseguradoras de los daños potenciales de un desastre. Después de dicha revisión las compañías aseguradoras pueden estar dispuestas a interrumpir el aseguramiento o a aumentar la prima necesaria para seguir con los contratos. Estudios en los Estados Unidos ilustran que para una parte del sector reasegurador las primas a las que se ofrecen los contratos de exceso de pérdida son muy superiores a las pérdidas esperadas e ilustra que los aseguradores tienden a reducir su nivel de reaseguramiento conforme aumenta la magnitud del desastre y se reduce la probabilidad de ocurrencia.

En la sección 3, Instrumentos de transferencia y retención de riesgos se presentan estas alternativas de transferencia de riesgo con un mayor detalle y se hace referencia a aspectos técnicos para efectos de su implementación.

### **1.2.2 Mercado de capitales**

En general, las dos o tres primeras capas (coaseguro) de pérdidas ante la ocurrencia de un desastre las cubren las empresas de seguros y reaseguros. La siguiente capa o nivel de pérdida generalmente es llevado a los mercados financieros utilizando instrumentos de financiación y transferencia de riesgo, y finalmente las capas más altas en la mayoría de los casos son cubiertas por líneas de crédito provenientes de instituciones multilaterales (Banco Mundial, BID). En los mercados de capitales existen dos categorías básicas de instrumentos de financiación y transferencia de riesgo: títulos de renta fija (Bonos CAT) y derivados (opciones, *swaps*). Estos títulos generalmente son emitidos por grandes empresas aseguradoras o reaseguradoras (Swiss Re, AON, entre otras) y su monto de emisión es bastante alto (las emisiones oscilan entre los 50 y los 1500 millones de dólares).

En cuanto al primer tipo de títulos, el mercado ha mostrado alta transabilidad, y aún se siguen dando emisiones de este tipo de títulos. Caso contrario ocurre con los derivados y opciones, las cuales han tenido bajos niveles de transabilidad, razón por la cual han dejado de circular en mercados como el CATEX (*Catastrophe Risk Exchange*). Por esta razón, en términos de factibilidad, la emisión de bonos de catástrofe para cubrir las dos responsabilidades del Estado en cuanto a riesgo de desastre mencionadas previamente se convierte en la opción más viable en adición a los seguros y reaseguros convencionales.

Como se mostró en la Figura 1.2, se desea cubrir las pérdidas probables LE-LA por medio del mercado de capitales. El instrumento más desarrollado es el siguiente:

- *Bonos de Catástrofe (Cat Bonds)*. Estos bonos se diferencian de un bono en su forma más simple, en que están sujetos a riesgo de crédito (riesgo de no pago o *default* por parte del emisor) en todo o parte del principal y/o de los cupones en el caso de la ocurrencia de cierto desastre natural previamente especificado, convirtiéndose en instrumentos de transferencia de riesgo. Los fondos que se obtienen de la venta del bono son invertidos a una tasa libre de riesgo, y los rendimientos de esta última inversión son a su vez utilizados para pagar el interés o cupón del bono. En compensación por el riesgo de crédito que estos presentan, ofrecen tasas de interés y rendimientos mayores que los que se ofrecen en el mercado.

Los gobiernos pueden combinar instrumentos de transferencia del mercado de la industria del seguro como del mercado de capitales para cubrir las pérdidas ocasionadas por un evento catastrófico o de gran intensidad. El uso de los instrumentos depende de su costo financiero o de oportunidad y de la posibilidad de acceder a dichos recursos. En la sección 3, Instrumentos de transferencia y retención de riesgos, se presenta con mayor detalle este tipo de instrumento y se hace referencia a aspectos técnicos para efectos de su implementación.

### 1.2.3 Retención del riesgo

En algunas ocasiones puede resultar de interés combinar el seguro comercial con el autoseguro o tener seguros con un límite y lo restante asumirlo directamente. En algunos países donde el seguro privado no ha sido factible, los gobiernos locales han establecido un *pool* de seguros que con algunos límites cubren los costos de las emergencias, de reparación e incluso de otras obligaciones. Estos fondos de autoseguro por riesgo en ocasiones son orientados hacia sectores específicos como escuelas u hospitales. Aunque el seguro de terremoto no es común bajo esta figura, ya existen casos de aseguradoras cautivas como la que se creó recientemente con la participación de los gobiernos de 16 países del Caribe para cubrir los gastos de atención de emergencias frente a huracán y terremoto. Estos mecanismos o fondos, en la medida que se van acumulando reservas, están en capacidad de obtener tasas muy favorables de seguros y reaseguros debido a que comúnmente ofrecen diversidad geográfica y grandes portafolios. En otras palabras, la retención del riesgo



es también una opción que podría considerarse cuando existe una buena información de qué riesgos pueden retenerse y cederse. En este caso lo correcto sería estimar el valor de las primas y mantenerlas en un fondo donde se puedan obtener rendimientos. Sin embargo es necesario revisar las restricciones existentes para mantener reservas de acuerdo con la legislación presupuestal existente en cada país. Existen varios instrumentos financieros de retención o autoseguro y arreglos institucionales que se pueden utilizar.

Un gobierno subnacional o nacional puede promover por lo tanto acciones consistentes en retener parte de su riesgo. Como se mostró en la Figura 1.2, se desea cubrir las pérdidas probables LE-LA por medio de mecanismos financieros de retención. Los instrumentos más apropiados podrían ser los siguientes:

- *Fondos de desastres:* Las autoridades pueden crear un fondo de recursos destinados a la atención de desastres. Los recursos acumulados en dicha cuenta deben mantenerse en activos líquidos, es decir, en papeles o cuentas bancarias que se puedan cancelar rápidamente sin grandes costos de transacción. En la medida que los recursos se demandan para enfrentar contingencias y eventos catastróficos, las inversiones deben tener bajo riesgo y por ende un pequeño rendimiento. En últimas deben considerarse como “depósitos a la vista”. Por supuesto, el problema reside en que el gobierno incurre en un costo de oportunidad, pues estos dineros podrían destinarse a otras inversiones con mayores tasas de rendimiento social como la educación, la salud o programas de empleo. Sin embargo, la decisión dependerá del balance entre los costos y los beneficios marginales de mantener dinero ocioso, mientras sucede lo peor.
- *Endeudamiento:* El gobierno puede acudir a los mercados bancarios nacionales o internacionales y pedir fondos prestados ya sea para cubrir los costos directos del desastre o contratar créditos contingentes. En el primer caso, pueden presentarse problemas en la consecución de los recursos, debido a que en una situación de desastre, la demanda de crédito de todos los sectores aumenta, encareciendo los recursos y el riesgo financiero. Los intermediarios estarán menos predispuestos a otorgar empréstitos y posiblemente se agudicen los problemas de racionamiento. De otra parte, si las pérdidas son excesivas es posible que el gobierno no pueda conseguir los recursos necesarios y necesite acudir a la ayuda del gobierno central o de la banca internacional, esta última puede incluso ser más adversa a otorgar créditos a la administración central si no existen avales del gobierno central, máxime cuando las calificaciones de riesgo de los bonos de deuda pública prácticamente se han deteriorado significativamente. De otro lado, el problema del crédito contingente es similar al del fondo de desastres, el gobierno incurre en un costo financiero que implica reducir el gasto en otras áreas de mayor rentabilidad social.
- *Emisión de nueva deuda en forma de bonos:* una alternativa para conseguir recursos es la emisión de bonos de deuda pública. Nuevamente, esta fuente de recursos puede verse seriamente limitada si los mercados consideran que la

situación fiscal se está deteriorando y por tanto exigen altas primas de riesgo que pueden hacer prácticamente imposible la colocación de nuevos papeles en el mercado.

En la sección 3, Instrumentos de transferencia y retención de riesgos se presentan algunos detalles sobre los fondos de reservas como mecanismos de retención de riesgos y se hace referencia a aspectos técnicos para efectos de su implementación.

#### **1.2.4 Cautivas para retención y transferencia**

Dentro de las alternativas de transferencia de riesgo que se encuentran de manera complementaria a las estructuras tradicionales de reaseguro que se pueden obtener dentro del mercado asegurador local con las características legislativas y restrictivas conocidas, también se puede contemplar un producto interesante y de análisis dentro del competitivo mundo *off-shore* que se define como la aseguradora cautiva. En términos prácticos, una cautiva es una entidad corporativa creada y controlada ya sea por una sociedad matriz, una asociación profesional o un grupo de empresas, cuyo único propósito es proveer cobertura sobre los riesgos de dicha sociedad madre, la asociación o del grupo, como una alternativa a la adquisición de seguros en el mercado tradicional. Las principales categorías de compañías cautivas son:

- *Pure captive*: 100% subsidiaria de otra sociedad, a la cual le asegura en forma exclusiva sus riesgos específicos
- *Mutual captive*: asegura los riesgos colectivos de miembros específicos de una industria
- *Association captive*: que brinda cobertura a los riesgos individuales de miembros de una asociación profesional, comercial o industrial.

Las cautivas representan ventajas comerciales para las empresas que las incorporan y capitalizan. Constituyen vehículos idóneos para la reducción de costos (dan cobertura a cambio de primas más baratas y por medio de ellas se contratan directamente reaseguros sin necesidad de adquirir pólizas en el mercado asegurador tradicional); coadyuvan a una mejor y más cómoda administración de los riesgos y facilitan el flujo de caja del grupo económico o sociedad de que se trate, lo cual conlleva crecimiento económico.

Una compañía cautiva es una empresa de seguros o reaseguros, según la naturaleza de su actividad, organizada por un grupo económico y para beneficio de las empresas que conforman el mismo, constituida de conformidad con una legislación extranjera especial como la de las Islas Bermuda o las Islas Caimán donde existen fuertes emporios de seguros y reaseguros, domiciliados y con oficinas en el país de constitución, desde donde opera, ya sea con infraestructura propia o a través de las facilidades que le brinda una empresa administradora de compañías de seguros o reaseguros cautivas debidamente reconocida y acreditada, con el fin de asegurar o reasegurar, desde el exterior, riesgos del propio grupo económico o empresarial o institución a la que pertenece la aseguradora o reaseguradora cautiva.

El objetivo de constituir una compañía de seguros o reaseguros "cautiva" responde principalmente a la necesidad de reducir los costos que se pagan en primas de seguros y obtener una mejor administración de sus riesgos, persiguiendo las ventajas fiscales que ofrecen ciertas legislaciones. A través de esta figura o instrumento jurídico los interesados procuran manejar o administrar sus propios riesgos y, a la vez, retener las primas que se pagan por los seguros. Los riesgos a ser asegurados por la compañía "cautiva" son seleccionados, de suerte que los riesgos de importancia son asegurados por compañías de seguros ajenas al grupo económico. Las primas las fija la propia compañía "cautiva" perteneciente a la empresa o empresas contratantes del seguro. Dicha prima es pagada a la compañía de seguros o reaseguros "cautiva" en el exterior, donde ésta se encuentra domiciliada y desde donde asegura el riesgo. El gasto en que incurren las empresas tomadoras del seguro y que forman parte del mismo grupo al que pertenece la empresa "cautiva", en muchos países es deducible del impuesto sobre la renta por considerarse que el pago de primas de seguros resulta ser un gasto necesario para la generación de ingresos. En la sección 3, Instrumentos de transferencia y retención de riesgos se presentan detalles acerca de las cautivas y se hace referencia a aspectos técnicos relativos a su implementación.

### **1.2.5 Estructura óptima de financiación**

En resumen, como se mencionó, el Estado tiene básicamente la responsabilidad de cubrir o asegurar sus activos, la infraestructura pública y los sectores de la población con menores ingresos. El aseguramiento de sus activos e infraestructura pública debe ser contratado con empresas aseguradoras, las cuales transferirán parte del riesgo a una reaseguradora quien a su vez transferirá parte de su riesgo al mercado de capitales. Esto se justifica en el hecho de que son estas empresas las que tienen experiencia en el diseño de instrumentos financieros que titularicen el riesgo en catástrofe y además son ellas las que tienen representación en las bolsas de valores en donde este tipo de títulos son transados.

Por otro lado, el aseguramiento de los sectores de la población con bajos ingresos se debe llevar a cabo mediante esquemas de incentivos que promuevan la competencia al interior de estas comunidades en términos de medidas de mitigación y de subsidios del gobierno, y que tengan como propósito de largo plazo llevar a esta población a contratar seguros del sector privado. Una vez definidas las responsabilidades del Estado, se pueden llevar a cabo ejercicios de simulación que permitan determinar la estructura óptima de financiación en términos de efectividad en costo. Una vez se cuenta con información sobre los costos de las fuentes de financiación, se requiere diseñar estructuras de financiación alternativas y de ellas seleccionar aquellas que tengan menores niveles de costo pero que cubran un mismo nivel de riesgo. El reto para los gobiernos de los países en desarrollo y las compañías de seguros y reaseguros es concertar el mejor mecanismo de cobertura de las obligaciones residuales del Estado y fortalecer el sector promoviendo el seguro colectivo y masivo. En la tercera sección de este documento se hará de nuevo referencia a este tema, puesto que diversas alternativas son factibles en el mediano plazo.

## **2. DIMENSIONAMIENTO DE LA EXPOSICIÓN FISCAL**

### **2.1 DÉFICIT POTENCIAL DEL ESTADO POR DESASTRE**

El IDD refleja el riesgo del país en términos macroeconómicos y financieros ante eventos catastróficos probables, para lo cual es necesario estimar la situación de impacto más crítica en un tiempo de exposición, definido como referente, y la capacidad financiera del país para hacer frente a dicha situación. Desde el punto de vista numérico el IDD es un índice sintético de relación de indicadores de tipo deductivo, que depende de la modelación simplificada del riesgo físico en función de una amenaza extrema factible, es decir está basado en una previsión científica aproximada, con la adecuada resolución para el tipo de decisiones factibles.

Para determinar la exposición fiscal se estiman las pérdidas potenciales que podrían ocurrir en el país utilizando varios referentes (períodos de retorno de los fenómenos catastróficos), utilizando técnicas de acuerdo con el estado del arte desde el punto de vista actuarial y técnico-científico. Dada la demanda de recursos que implicarían estos escenarios, tanto espacialmente como temporalmente en el país, se puede estimar el déficit potencial que significaría la ocurrencia de dichos eventos para el Estado, de acuerdo con el posible acceso a recursos internos y externos que actualmente tiene el gobierno, con fines de rehabilitación y reconstrucción. Igualmente, se puede establecer el valor de la pérdida anual esperada (conocida actuarialmente como prima técnica) y la posibilidad que tiene el gobierno de cubrirla, por ejemplo con recursos del presupuesto o mediante los excedentes de superávit intertemporal que se describe más adelante.

En resumen el IDD corresponde a la relación entre la demanda de fondos económicos contingentes o pérdida económica directa que debe asumir el Estado – resultado de la ocurrencia de un Evento Máximo Considerado, EMC– y su resiliencia económica, correspondiente a la disponibilidad o acceso a fondos internos o externos del país para restituir el inventario físico afectado,

$$IDD = \frac{\text{Pérdida por el EMC}}{\text{Resiliencia Económica}}$$

La Figura 2.1 presenta un diagrama que ilustra la manera como se obtiene el IDD.

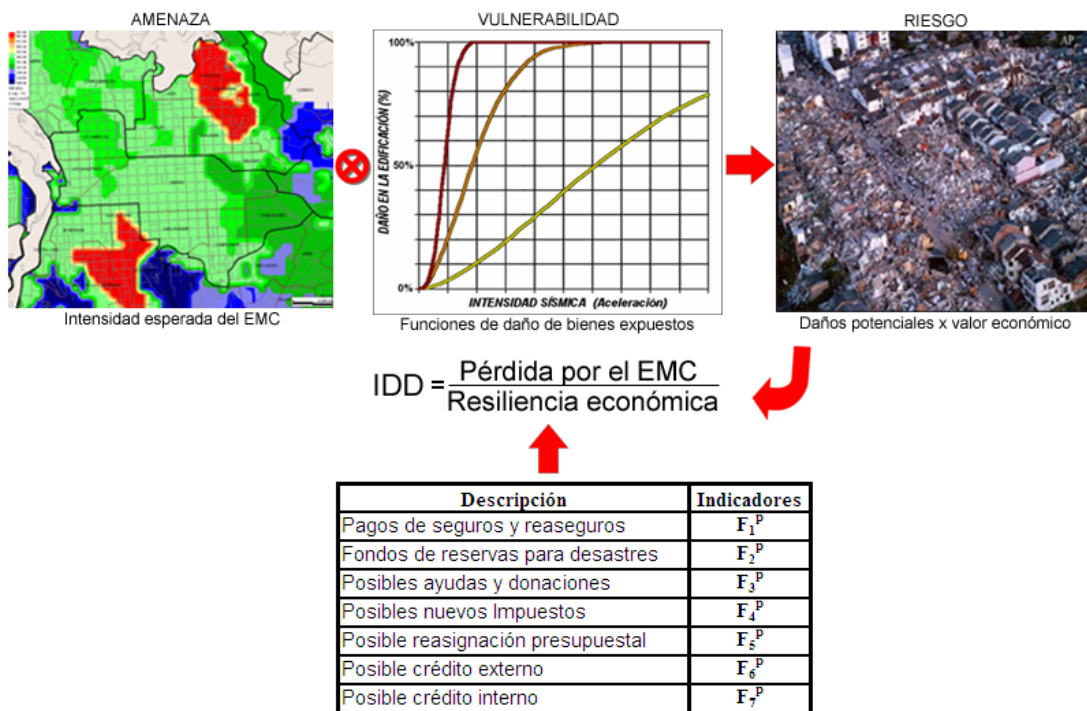


Figura 2.1. Diagrama para el cálculo del IDD.

Un IDD mayor que 1.0 significa incapacidad económica del país para hacer frente a desastres extremos, aun cuando aumente al máximo su deuda. A mayor IDD mayor es el déficit. Si existen restricciones para el endeudamiento adicional esta situación implicaría la imposibilidad de recuperarse. En el anexo O se presenta un ejemplo de aplicación del IDD a Colombia.

### 2.1.1 Estimación de las pérdidas probables

Las pérdidas potenciales se calculan mediante un modelo que tiene en cuenta, por un parte, diferentes amenazas, -que se calculan en forma probabilística de acuerdo con el registro histórico de las intensidades de los fenómenos que las caracterizan- y, por otra parte, la vulnerabilidad física actual que presentan los elementos expuestos ante dichos fenómenos. Este modelo prospectivo y analítico no utiliza el registro de pérdidas (muertos o afectados) de desastres históricos sino de las intensidades de los fenómenos.

Desde el punto de vista actuarial se debe evitar hacer estimaciones de riesgo en forma inductiva, con base en la estadística de daños previos y en cortos períodos de tiempo. La modelación adecuada debe ser deductiva, tanto para evaluar la potencial ocurrencia de eventos de grandes consecuencias y baja probabilidad como del grado de vulnerabilidad que presentan en el momento los elementos expuestos. Al igual que en la industria aseguradora se define un nivel de referencia para estimar pérdidas factibles, conocido como la pérdida máxima probable, PML en inglés (ASTM 1999; Ordaz 2000), cuyo período de retorno es arbitrariamente definido, en este caso se ha definido un Evento Máximo Considerado, EMC, para el cual es necesario planificar las acciones de intervención correctiva o prospectiva que permitan reducir sus posibles consecuencias para cada país o unidad subnacional que se analiza. La pérdida económica o demanda de fondos contingentes (numerador del índice) se obtiene de la modelación del impacto potencial causado por el EMC para un período de retorno definido: 50, 100, 500<sup>4</sup> o 1000 años, que equivalen a 18%, 10%, 2% y 1% de probabilidad de excedencia en un período de exposición de 10 años. Un IDD mayor que 1.0 significa incapacidad económica del país para hacer frente a desastres extremos, aun cuando aumente al máximo su deuda. A mayor IDD mayor es el déficit.

Una figura de especial utilidad en la evaluación del riesgo es la pérdida anual esperada,  $L_y^P$ , que se define como el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera, corresponde a la prima pura o prima técnica. Este valor es equivalente a la inversión o ahorro promedio anual que tendría que hacer el país para cubrir aproximadamente sus pérdidas por desastres extremos futuros.

### 2.1.2 Requerimiento de recursos

Teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir que aun cuando existan diferentes amenazas que puedan causar efectos adversos al país, su impacto bajo un mismo referente de tiempo no será el mismo. Es necesario, entonces, estimar la demanda máxima considerable que se tendría en el caso del escenario más crítico que cualquiera de las amenazas causaría; teniendo en cuenta el EMC para la unidad de análisis (país o departamentos, por ejemplo). Esta situación por lo general sería causada por un fenómeno mayor catastrófico o extraordinario como un sismo severo, un fuerte huracán, un tsunami notable, una erupción volcánica paroxísmica o una inundación extrema. Dicha selección no necesariamente implica hacer estudios de amenaza detallados para cada tipo de fenómeno sino para uno o dos, dado que en muchos casos el fenómeno que puede causar el EMC puede identificarse fácilmente.

De acuerdo con lo anterior el IDD está dado por:

---

<sup>4</sup>Actualmente la mayoría de los códigos de construcción utilizan para el diseño de edificaciones la máxima intensidad de los fenómenos que se puede presentar en un lapso de 500 años aproximadamente. Otras obras civiles de especial importancia se diseñan para la máxima intensidad que puede presentarse en un lapso de varios miles de años. Sin embargo, la mayoría de las edificaciones y obras civiles especiales existentes, construidas a lo largo del siglo 20 no han sido diseñadas con estos criterios de seguridad.

$$IDD = \frac{L_R^P}{R_E^P}, \quad (2.1)$$

donde es necesario estimar la demanda de fondos económicos contingentes o pérdida económica directa que debe asumir el sector público,  $L_R^P$ , y la resiliencia económica presente de dicho sector,  $R_E^P$ , correspondiente a la disponibilidad o acceso a fondos internos o externos del país para restituir el inventario físico afectado. Ahora bien,

$$L_R^P = \varphi L_R \quad (2.2)$$

$L_R^P$  corresponde al impacto económico directo máximo, en términos probabilísticos, en los activos públicos y privados que sean de responsabilidad del gobierno<sup>5</sup>. Este valor es una fracción  $\varphi$  del impacto directo total en el país,  $L_R$ , el cual está asociado al EMC que tendrá una intensidad,  $I_R$ , y cuya tasa anual de excedencia debe ser acordada. El valor de la pérdida para el inventario de capital del sector público es una fracción  $\varphi$  de la pérdida causada sobre todos los bienes afectados.

El impacto del EMC se determina mediante un modelo de riesgo y determina las pérdidas físicas o de valor sobre la riqueza física y humana de una región. Dicho impacto negativo se puede dividir en términos del *stock* de capital público y privado que se puede estimar dependiendo de la disposición de datos de inversión pública y privada. Ver anexo F.

Se ha asumido que todos los bienes expuestos a desastres están concentrados en una región geográfica de tamaño limitado (digamos, una ciudad) que permite el supuesto que todo en esta área está concentrado en un punto en el espacio y que todo es simultáneamente afectado con la misma intensidad. Esta pérdida puede ser valorada como sigue:

$$L_R = EV(I_R F_S) K \quad (2.3)$$

donde:

- $E$  es el valor económico de las propiedades expuestas;
- $V()$  es la *función de vulnerabilidad*, que relaciona la intensidad del evento con la fracción del valor que se pierde si se presenta un evento de tal intensidad;
- $I_R$  es la intensidad del evento asociado al período de retorno seleccionado;
- $F_S$  es un factor que corrige intensidades que dan razón de efectos de sitios locales;
- $K$  es un factor que corrige la incertidumbre en la función de vulnerabilidad.

<sup>5</sup> De acuerdo con lo indicado en las responsabilidades del Estado, en caso de un evento mayor el gobierno tendrá que proponer subvenciones y créditos blandos para apoyar a los estratos socio-económicos más pobres que se han quedado sin vivienda o han perdido sus medios de sustento y para contrarrestar el desempleo adicional que se presente por la posible paralización de los diferentes sectores productivos.

Como se puede observar, esta estimación de pérdida incluye todos los componentes clásicos del análisis del riesgo: la amenaza -implícita en  $I_R$ -, la vulnerabilidad -dada por la función  $V(\cdot)$ - y el valor de la propiedad expuesta,  $E$ . Entonces,  $L_R$ , tal como está definido en la ecuación 2.2, es el valor exacto de la pérdida asociada a un período de retorno dado si un valor apropiado de  $K$  es utilizado. Este valor de  $K$  se obtiene mediante un método basado en estudios de vulnerabilidad individuales y colectivos (Ver anexo I)

El factor  $E$  en la ecuación 2.3 se refiere al valor monetario de toda la propiedad expuesta al daño en el área geográfica que se analiza. Esto incluye, por ejemplo, edificios, cultivos, industria e infraestructura. De manera ideal, se debería incluir en esta cifra toda la propiedad expuesta en el área bajo análisis. Sin embargo, esto sería imposible (y podría ser innecesario) en el alcance de esta evaluación. Por esta razón, se considera que solamente es necesario tener en cuenta los bienes expuestos más importantes<sup>6</sup>.

Como se ha discutido con anterioridad, el gobierno aparte de ser propietario tiene responsabilidades de reactivación económica, de protección de los estratos socio-económicos más pobres y del público que pierde su empleo. Dependiendo del tipo de EMC, que podrá ser un huracán, un terremoto, una erupción volcánica o una inundación extrema se define dicho impacto, considerando como referente sólo el caso de la máxima pérdida agregada para el país y la cual se considerará como un valor envolvente superior a cualquier otro valor causado por otros eventos que no alcanzan a ser el EMC<sup>7</sup>.

Por otra parte, como ya se mencionó, un valor de especial utilidad en la evaluación del riesgo es la pérdida anual esperada,  $L_y^P$ , que se define como el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera (prima pura o prima técnica). Este valor es equivalente a la inversión o ahorro promedio anual que tendría que hacer el país para cubrir aproximadamente sus pérdidas u obligaciones contingentes por desastres extremos futuros.

### 2.1.3 Posibles fondos a los que se podría acceder el gobierno

La resiliencia económica (el denominador del índice) representa los posibles fondos internos o externos que frente al daño el gobierno como responsable de la

---

<sup>6</sup> En el caso del sector público pueden ser muy importantes vías, puentes, plantas de energía, hospitales, escuelas, aeropuertos, puertos, edificios de oficinas, etc. Incluso en el caso de concesiones (operación de bienes públicos por parte del sector privado) donde la propiedad sigue siendo del gobierno, o de infraestructura de los gobiernos subnacionales, cuya recuperación, no obstante los procesos de descentralización existentes, dependería en parte del nivel nacional.

<sup>7</sup> Puede ocurrir, por ejemplo, que el EMC es un terremoto que podría tener un efecto mínimo en cultivos. Otro evento importante, como una inundación extrema, podría causar efectos mayores en cultivos pero no alcanzaría a ser el EMC.



recuperación o propietario de los bienes afectados puede acceder en el momento de la evaluación. Se propone que dicha resiliencia económica,  $R_E^P$ , este definida por:

$$R_E^P = \sum_{i=1}^n F_i^P \quad (2.4)$$

donde  $F_i^P$  representa los posibles fondos internos o externos que frente al daño el gobierno como responsable de la recuperación o propietario de los bienes afectados puede acceder en el momento de la evaluación. El acceso a dichos fondos tiene restricciones y costos asociados por lo cual es necesario estimarlos como valores factibles de acuerdo con las condiciones macroeconómicas y financieras de cada país. Para cada caso es necesario estimar los siguientes valores:

- $F_1^P$ , *pagos de seguros y reaseguros* que aproximadamente recibiría el país por los bienes y la infraestructura asegurada del gobierno. El seguro en los países en desarrollo es apenas una industria incipiente por lo cual se puede afirmar que no existe una cultura del seguro. La mayoría de los pagos realizados en eventos anteriores por las compañías de seguros han sido al sector privado, en particular a las grandes industrias. En varios países es obligatorio asegurar los inmuebles públicos, sin embargo este requerimiento legal no se cumple a cabalidad, en particular por las entidades territoriales o gobiernos locales descentralizados. Una manera sencilla para estimar el valor de la riqueza física asegurada podría ser el gasto en seguros como proporción del PIB. Por ejemplo, si este equivale al 2% del PIB, quiere decir que el 2% de las pérdidas serán cubiertas por las compañías aseguradoras.
- $F_2^P$ , *reservas disponibles en fondos para desastres* con los que cuenta el país en el año de la evaluación. En varios países existen fondos de calamidades o de desastres formalmente establecidos que cuentan con un presupuesto anual y en ocasiones con reservas acumuladas de años anteriores. En otros casos existe un fondo principal y otros sectoriales, que se encuentran en diferentes instituciones o ministerios, como obras públicas e infraestructura, salud, defensa civil, entre otros, o existen fondos descentralizados a nivel de entidades territoriales. Este valor debe estimarse como la suma de las reservas disponibles de la nación y de las posibles zonas afectadas.
- $F_3^P$ , representa los valores que pueden recibirse como *ayudas y donaciones*, tanto públicas como privadas, nacionales como internacionales. Usualmente las ayudas del exterior están dirigidas a apoyar la respuesta a la emergencia y se reciben pocos recursos para las fases de rehabilitación y reconstrucción. Después de ocurrido un evento notable se reciben, en su mayoría, alimentos y vestuario, menajes, carpas y equipos, y poco se recibe directamente en dinero. Aunque no existe información detallada de los apoyos recibidos de gobiernos amigos, ONGs y agencias de ayuda humanitaria y de cooperación técnica, para estimar este valor es necesario hacer

una evaluación aproximada y realista de dicha ayuda como un porcentaje de la pérdida en eventos anteriores.

- $F_4^P$ , valor posible de *nuevos impuestos* que el país podría recaudar adicionalmente en caso de un desastre mayor. Existe la experiencia que indican que como resultado de un desastre se han establecido impuestos del 2 y hasta el 3 por mil a las operaciones financieras y bancarias, pero este tipo de impuestos puede estimular la contención y el traslado de ahorros hacia el exterior. En general existen serias dudas de que cada vez que ocurra un desastre mayor se puedan aumentar los ingresos del gobierno mediante nuevos impuestos debido a la impopularidad de este tipo de medidas. Este valor se debe estimar de acuerdo con su factibilidad política de acuerdo con la figura financiera posible que pueda considerarse en cada caso. En el anexo J se presenta un método simple para estimar los recursos derivados de un impuesto a transacciones financieras.
- $F_5^P$ , es la estimación del *margen de reasignación presupuestal* que tiene el país, que usualmente corresponde al margen de gastos discrecionales del gobierno, cuando existen limitaciones de planificación presupuestal. En algunos casos este valor depende de la decisión política de las autoridades competentes de turno, sin embargo existen restricciones que impiden reasignaciones mayores debido a las inevitables obligaciones del gasto público, como los salarios, las transferencias, el gasto social y el servicio de la deuda. Igualmente pueden existir obligaciones acumuladas de vigencias presupuestales anteriores como se explica en el anexo K. Se puede incluir aquí también la reasignación o desvío de préstamos aún no ejecutados de los organismos multilaterales. De no obtenerse con mayor precisión el posible margen de reasignación presupuestal se puede estimar de manera aproximada como un porcentaje de las inversiones en bienes de capital en porcentaje del PIB.
- $F_6^P$ , valor factible de *crédito externo* que puede obtener el país con los organismos multilaterales y en el mercado de capitales en el exterior. Las condiciones de préstamo con los organismos multilaterales son en general más favorables, pero están restringidos al grado de sostenibilidad de la deuda externa y la relación entre el servicio de la deuda y las exportaciones. Las tasas de interés, en general, dependen del ingreso per cápita de los países. El acceso a créditos en el mercado internacional de capitales depende de las calificaciones internas y externas de riesgo financiero del país, lo que determina las primas de riesgo y las tasas comerciales de los títulos de deuda. En cualquier caso, acceder a crédito externo significa aumentar las obligaciones del servicio de la deuda en el futuro y la reducción del cupo del país para asumir nuevas deudas. Por lo tanto, el valor de crédito externo máximo se debe estimar con base en el análisis de las obligaciones y limitaciones que tiene el gobierno. En el anexo L se describe un modelo para este tipo de estimación en condiciones teóricas, sin embargo este valor es en buena parte discrecional por parte de los organismos multilaterales de crédito y particularmente cuando se trata de la necesidad recursos debido a un desastre.

- $F_7^P$ , *crédito interno* que puede obtener el país con los bancos comerciales y en algunos casos con el banco central, en caso de que sea legal obtener préstamos del mismo, significando liquidez inmediata. También, en algunos casos es factible obtener recursos de las reservas internacionales en caso de presentarse un desastre mayor, aunque este tipo de operación es problemática en general y puede significar un riesgo para la balanza de pagos. El crédito con los bancos comerciales también tiene limitaciones y costos y depende de la actividad de los mercados de crédito locales; en general puede ser escaso. En un mercado débil un crédito importante puede afectar el consumo interno, las inversiones locales y la tasa de interés. El crédito adicional disponible se debe estimar teniendo en cuenta la capacidad del país de devolver el préstamo y la capacidad del mercado de capitales en el país. El anexo M ilustra cómo puede estimarse aproximadamente el acceso a crédito interno.

Es importante indicar que se propone esta estimación considerando las restricciones o valores factibles en cada caso y sin considerar los posibles costos asociados por acceder a algunos de estos fondos.

De manera complementaria y para facilitar poner en contexto el IDD se ha propuesto un indicador colateral adicional IDD' que ilustra qué porción de los gastos de capital del país,  $E_C^P$ , corresponde la pérdida anual esperada,  $L_y^P$ , o prima pura de riesgo (ver descripción del cálculo de  $L_y^P$  en el anexo N). Es decir qué porcentaje de la inversión sería el pago anual por desastres futuros, que se obtiene de la ecuación:

$$IDD' = \frac{L_y^P}{E_C^P} \qquad IDD' = \frac{\text{Pérdida anual esperada}}{\text{Gasto anual de capital}} \qquad (2.5)$$

El IDD' también se estimó con respecto al monto de recursos sostenible por superávit intertemporal,  $F_S^P$ , que el gobierno puede destinar, calculado a 10 años. Es decir el porcentaje que representaría la prima técnica del ahorro potencial a valor presente, como lo expresa la ecuación:

$$IDD' = \frac{L_y^P}{F_S^P} \qquad (2.6)$$

En relación con  $F_S^P$ , lo que interesa conocer es si el gobierno, desde un punto de vista ortodoxo, cumple con su restricción presupuestal intertemporal, es decir, si las trayectorias de flujos de gastos e ingresos garantizan –en términos de valor presente– que los superávits primarios corrientes y futuros permiten cancelar el stock de deuda actual. Es decir, la disciplina financiera exige reconocer que la acción del gobierno tiene límites y que su capacidad financiera para enfrentar los desastres debe cumplir con la restricción intertemporal de las finanzas públicas. Para estimar este monto anual de recursos sostenible se propone el método descrito en el anexo D.

En caso de que anualmente la pérdida supere el monto de recursos disponible por superávit se prevé que con el tiempo habría un déficit por desastres que implicaría el inevitable aumento de la deuda. Es decir, que el país no cuenta con suficientes recursos (calculados en forma intertemporal) para atender sus futuros desastres. Ahora bien, en caso de existir restricciones para el endeudamiento adicional esta situación implicaría la imposibilidad de recuperarse. En general, si el superávit intertemporal es negativo el pago de la prima sencillamente aumentaría el déficit ya existente.

Estos indicadores permiten dimensionar de una manera sencilla la exposición fiscal y el déficit potencial (o pasivos contingentes) del país a causa de desastres extremos. Permiten a los tomadores de decisiones del nivel nacional tener una dimensión del problema presupuestal que tendría el país y la necesidad de considerar este tipo de cifras en la planificación financiera (Freeman *et al.* 2002a). Estos resultados ratifican la necesidad de identificar y proponer posibles políticas y acciones efectivas, como la protección financiera del Estado mediante mecanismos de transferencia de riesgos utilizando los seguros y reaseguros o el mercado de capitales; el incentivo del aseguramiento de los inmuebles públicos y privados; el establecimiento de fondos de reservas con base en criterios sanos de retención de pérdidas; la contratación de créditos contingentes y, en particular, la necesidad de invertir en medidas estructurales (*retrofitting*) y no estructurales de prevención y mitigación para reducir los daños y pérdidas y, de esta manera, el impacto económico futuro de los desastres.

#### **2.1.4 Estimación del riesgo físico**

En cualquier caso, el cálculo de pérdidas durante futuros fenómenos naturales peligrosos es un problema complejo. Dada las incertidumbres que afectan este proceso, las pérdidas deben ser consideradas como variables aleatorias, que sólo pueden ser conocidas en el sentido probabilista, es decir, sólo a través de sus distribuciones de probabilidades. Por esta razón, este enfoque es el adoptado en este modelo (Ordaz y Santa-Cruz 2003). Desde el punto de vista teórico es claro que, dado nuestro estado del conocimiento, es imposible predecir los momentos de ocurrencia y las magnitudes de todos los futuros eventos naturales peligrosos que potencialmente se puedan convertir en desastre. En vista de la naturaleza incierta de los procesos involucrados, nuestra segunda mejor opción es estimar la distribución de probabilidad de ocurrencia y los impactos de todos los futuros desastres. Sin embargo, en general, esta estimación es también una tarea titánica. Una manera conveniente de describir las distribuciones de probabilidad requeridas (las de frecuencia y magnitud del impacto físico) es el uso de la curva de la tasa de excedencia de las pérdidas físicas. Esta curva relaciona el valor de la pérdida con la frecuencia anual con la cual este valor de pérdida es excedido; el inverso de la tasa de excedencia es el período de retorno. El anexo G presenta un ejemplo imaginario de una curva de tasas de excedencia y algunos comentarios acerca de los períodos de retorno. El anexo H presenta algunas relaciones matemáticas entre las tasas de excedencia y otras interesantes y útiles medidas del riesgo.

## *Amenaza*

En este contexto, se define *intensidad* como una medida local de la perturbación producida por un evento natural sobre algunas características físicas del contexto que son relevantes para el estudio del fenómeno. Para casi todo tipo de amenaza, es imposible describir la intensidad con un solo parámetro. Por ejemplo, para la amenaza sísmica, la aceleración pico de suelo aporta alguna información general de la severidad del movimiento del suelo, pero no aporta información sobre su contenido frecuencial; crucial para una estimación exacta de la respuesta estructural. También, en el caso de las inundaciones, la altura del agua no es una descripción completa de la intensidad de la inundación, porque el daño podría también depender de la velocidad de la corriente.

En vista de esto, se entiende que la descripción mediante un solo parámetro de intensidad será siempre incompleta. Sin embargo, una descripción multivariable de la intensidad es de lejos muy compleja para los objetivos de este trabajo (realmente, muy pocos, si es que existen, estudios de riesgo realizados en el pasado han considerado descripciones multivariable de la intensidad). Aquí se propone el uso, para cada tipo de amenaza, de una sola medida de la intensidad que correlacione bien con el daño y para la cual mediciones de amenaza, que se describen más adelante, son relativamente fáciles de obtener. La tabla 2.1 presenta las medidas de intensidad que se proponen para los tipos de amenaza más relevantes en América Latina y el Caribe. Nótese que, puesto que en este caso el interés es principalmente en desastres de alto impacto económico a nivel nacional, sea ha restringido el estudio a aquellas amenazas que pueden producir grandes y súbitas pérdidas económicas. Otras amenazas, como deslizamientos, son de importancia extrema a nivel local e históricamente han dejado muchas víctimas. No obstante, su impacto económico ha sido muy limitado. Desastres lentos, como la deforestación y la sequía, son también muy importantes, pero sus impactos económicos son diferidos en el tiempo, por lo cual no causan efectos súbitos, por lo cual están más allá del alcance del modelo de estimación propuesto.

**Tabla 2.1. Medidas de intensidad sugeridas para diferentes tipos de amenaza.**

<b>Tipo de amenaza</b>	<b>Medida local de intensidad</b>
Inundación	Altura promedio del agua
Terremoto	Aceleración pico del suelo
Vientos fuertes	Velocidad del viento
Erupción volcánica	Índice de Explosión Volcánica (VEI) <sup>8</sup>
Caída de ceniza	Profundidad de la ceniza

En muchos casos, las estimaciones de amenaza son obtenidas de estudios regionales, o suponiendo condiciones ambientales promedio. Por ejemplo, los mapas de

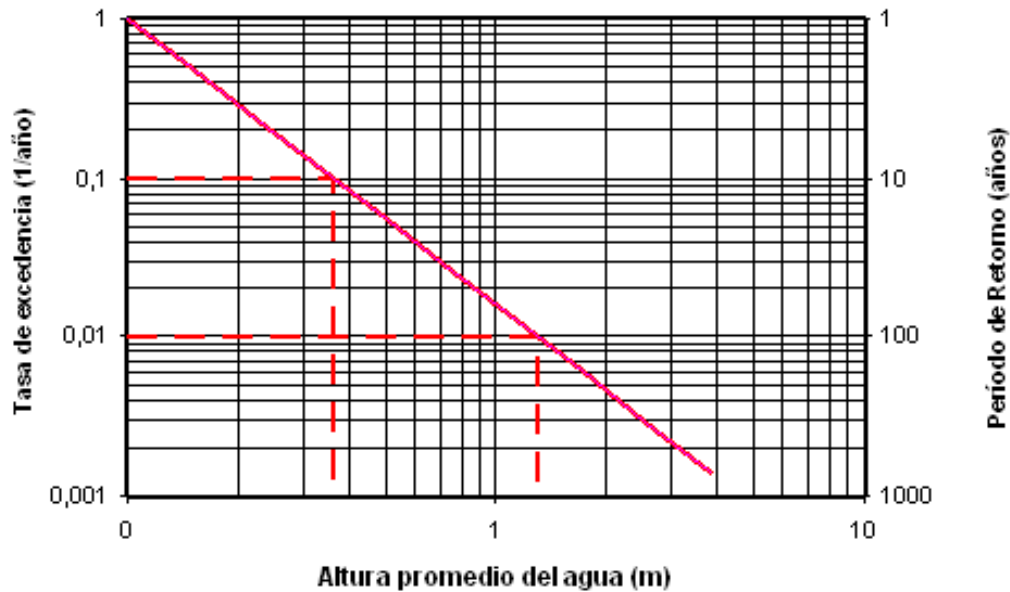
<sup>8</sup> En rigor la VEI no es una medida de intensidad local. Sin embargo, ninguna medida de ese tipo ha sido desarrollada para erupciones volcánicas. De otro lado, el impacto directo de erupciones volcánicas está restringido generalmente a pocas decenas de kilómetros alrededor del volcán. En vista de esto, y de las consideraciones que serán entregadas más adelante, se considera que el VEI se ajusta a los propósitos de este estudio.

amenaza sísmica son producidos usualmente tomando las condiciones promedio de suelo firme, o sea, asumiendo que no hay amplificaciones importantes de intensidad sísmica debido a suelos blandos. También, los mapas de velocidad del viento son contruidos generalmente asumiendo condiciones de exposición promedio, lo que significa que las velocidades no son tomadas para sitios en las colinas, sino para sitios de referencia. No obstante, para cada tipo de amenaza, podrían existir características ambientales particulares en las ciudades bajo estudio que ocasionan que las intensidades puedan ser mayores o menores que las intensidades en sus cercanías. Es decir, podrían existir características ambientales que son diferentes a aquellas correspondientes a las usadas en el modelo de evaluación del riesgo. Estas características son conocidas como *condiciones de sitio locales*, y ellas permiten la aparición de *efectos de sitio locales*.

Puesto que por definición estos efectos de sitio son locales, es imposible señalar reglas generales de cómo adecuar los valores de  $F_S$  para todas las ciudades y todo tipo de amenaza. Desde esta perspectiva, los valores apropiados deben ser asignados por personal experto local que participe en las estimaciones de pérdidas en cada país. Un primer enfoque preliminar sería simplemente ignorar los efectos de sitio. Esto equivale tomar  $F_S=1$  a la ecuación 2.3. Sin embargo, existen casos en los cuales los efectos de sitio local no pueden pasar desapercibidos.

Una vez una intensidad apropiada sea escogida para cada tipo de fenómeno, una descripción probabilística de la amenaza debe ser dada. Usualmente, la amenaza se expresa en términos de tasas de excedencia de valores de intensidad. Este concepto es similar al descrito en el anexo G en el sentido que define qué tan menudo un valor de intensidad dado es excedido. Hay que resaltar que, para este propósito, se requiere de información *local* de la amenaza, es decir, de tasas de excedencia de intensidad en los lugares o ciudades de interés (dado que uno de los supuestos es que todas las propiedades en una ciudad se encuentran concentradas en un punto o área geográfica de tamaño limitado).

La figura 2.2 ilustra una curva de tasa de excedencia hipotética para la intensidad asociada a la inundación; la medida de intensidad es la altura media del agua en una ciudad. Muestra, por ejemplo que una altura del agua de 0.36 m será excedida, en promedio, una vez cada 10 años (la tasa de excedencia de 0.1/año) o que una inundación de 1.2 m (o más) se producirá con un período de retorno de 100 años; es decir, con una tasa de excedencia anual de 0.01. En principio, una curva de amenaza debe ser construida para cada tipo de amenaza y para cada ciudad en estudio. Sin embargo, recordando la ecuación 2.3, se necesitan sólo unos cuantos puntos de esta curva, especialmente aquellas intensidades asociadas con los períodos de retornos seleccionados.



**Figura 2.2. Ejemplo de tasa de excedencia de intensidad para inundaciones.**  
(La medida de intensidad es la altura media del agua en una ciudad debido a la inundación).

En la tabla 2.2 se resumen las necesidades de información de método propuesto para describir apropiadamente las amenazas. Para cada ciudad se asumen periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, que equivalen a 18%, 10% y 2% de probabilidades de excedencia en un periodo de exposición de 10 años.

**Tabla 2.2. Valores requeridos para describir la amenaza.**

Tipo de amenaza	Valores requeridos
Inundación	Altura media de agua excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años
Terremoto	Aceleración pico del suelo excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años
Vientos fuertes	Velocidad del viento excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años
Erupción volcánica	Índice de Explosión Volcánica (VEI) excedido, en promedio, cada 50, 100 y 500 <sup>9</sup> años
Caída de ceniza volcánica	Profundad de ceniza caída excedida, en promedio, cada 50, 100 y 500 años

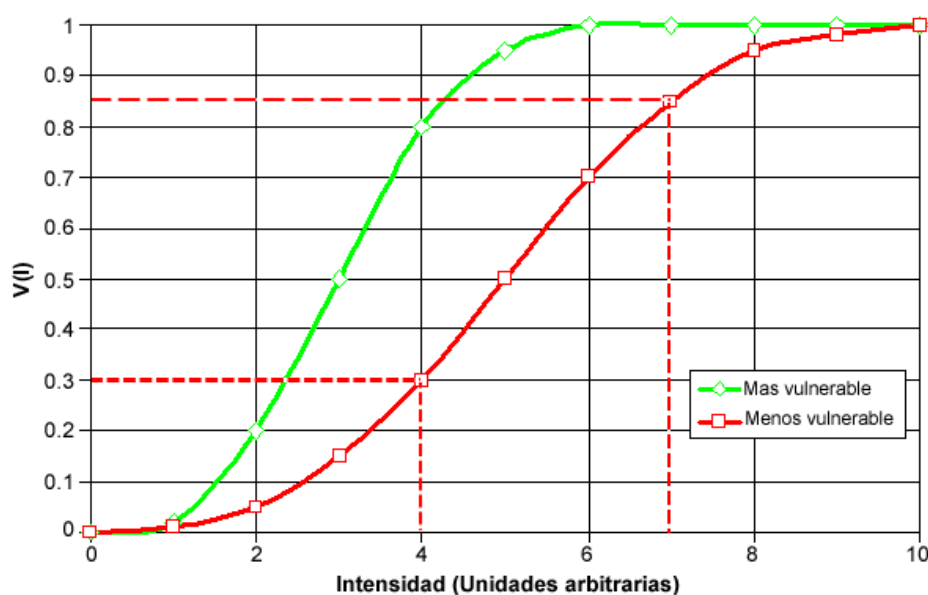
### **Vulnerabilidad**

Tal como se indicó en la ecuación 2.3,  $V(I)$  es la función de vulnerabilidad, que relaciona la intensidad del evento,  $I$ , con la fracción esperada del valor que se pierde si se presenta un evento de tal intensidad. Las funciones de vulnerabilidad usualmente tienen formas como la señalada en la figura 2.3. En esta figura se puede

<sup>9</sup> Esto aplica a ciudades dentro de un radio de 80 km de un volcán activo. Si la ciudad se encuentra fuera de este radio, esta amenaza no será considerada.

encontrar que, para cierta amenaza y en la ciudad para la cual fue deducida la función de vulnerabilidad, si se presenta un evento con intensidad  $I=4$ , el daño esperado sumará aproximadamente 13% de los valores expuestos en el caso de los edificios rotulados como "menos vulnerables", mientras que si la intensidad es de 7, entonces los daños esperados para el mismo tipo de edificios estarán cercanos a 0.85 de los valores expuestos.

Se dice que un edificio es más vulnerable que otro si un mayor daño se espera más temprano que tarde, dadas amenazas con intensidades similares (ver figura 2.3).<sup>10</sup> Las funciones de vulnerabilidad son altamente específicas para la amenaza. En otras palabras, en la misma ciudad edificios e infraestructura pueden ser muy vulnerables a cierta amenaza y muy poco vulnerables a otra.



**Figura 2.3. Representación esquemática de funciones de vulnerabilidad de dos edificios en la misma ciudad, para el mismo tipo de amenaza.**

Como se definió, las funciones de vulnerabilidad podrían cambiar dependiendo de factores tecnológicos, educativos, culturales y sociales. Por ejemplo, para la misma intensidad sísmica los edificios de una ciudad podrían ser más vulnerables que los de otra ciudad debido a la alta utilización de una tecnología de construcción o por la aplicación de diseños sismorresistentes en la segunda. De este modo, en rigor, las funciones de vulnerabilidad se debe expresar de la siguiente manera:

$$V(I) = V(I; \phi) \quad (2.7)$$

<sup>10</sup> En la figura 2.3 hemos graficado un caso simple: uno de los edificios es menos vulnerable que otro para todo el rango de intensidades. De todas formas es concebible que un edificio es más vulnerable que otro, digamos, para un bajo nivel de intensidad, mientras la situación es inversa para los niveles altos de intensidad.



donde  $\phi$  es un conjunto de parámetros que son señalados como factores de vulnerabilidad. De hecho, es a través de estos factores que se pueden apreciar los efectos de la prevención, y su impacto económico puede ser valorado.

En el supuesto, por ejemplo, que las curvas de vulnerabilidad se relacionen con la amenaza sísmica. Se concibe que la aplicación de un diseño sismorresistente en una ciudad (un cambio en uno de los factores de vulnerabilidad) pueda significar pasar de la función de vulnerabilidad "más vulnerable" al caso de "menos vulnerable" de la figura 2.3. Por lo tanto, al mismo nivel de intensidad (por ejemplo,  $I=2$ ), la aplicación de regulaciones sísmicas significaría pérdidas de 5% del valor expuesto en contraste con las pérdidas de 20% que significaría sin regulaciones sísmicas. Usualmente, los costos de la elaboración, la implementación y el control de la aplicación de las regulaciones sísmicas serían menores que la cantidad ahorrada al reducir la vulnerabilidad, por lo que el mejoramiento de las prácticas de diseño podría ser una decisión acertada también desde el punto de vista económico.

Como puede observarse,  $V(I; \phi)$  esta relacionada con el daño *esperado*; es decir, con el valor esperado (en sentido probabilístico) del daño. Debido a las incertidumbres involucradas no es posible predecir de forma determinística el daño que resulta de un evento para una intensidad determinada. Por lo tanto, se intenta predecir el daño esperado utilizando  $V(I; \phi)$ , sin dejar de tener en cuenta que existen incertidumbres que no pueden ser despreciadas. Existen, obviamente maneras probabilísticas rigurosas para considerar esta incertidumbre (ver anexo I). Una manera de resolver este problema es encontrando un factor, que se le denominará  $K$  (ver ecuación 2.3), que relaciona el valor de la pérdida teniendo en cuenta la incertidumbre y los valores de la pérdida obtenidos sin considerar esta incertidumbre. El factor  $K$  depende de diferentes variables: la incertidumbre en la relación de vulnerabilidad, la forma de la curva de tasas de excedencia de la intensidad y el período de retorno. Se ha encontrado que, bajo ciertas hipótesis razonables, un factor de  $K=1.2\sim 1.3$  es factible para los objetivos de esta evaluación.<sup>11</sup> Sin embargo, el anexo I da varias opciones para calcular el factor  $K$ , con diferentes grados de precisión y de esfuerzo computacional.

Hasta aquí, el análisis se ha limitado a la estimación de pérdidas en ciudades o regiones de un tamaño geográfico limitado. La clave para la definición de "tamaño geográfico limitado" es la hipótesis que todo dentro de la ciudad se afecta simultáneamente por el evento considerado. En la realidad, el daño durante los desastres varía, a veces ampliamente, incluso dentro de la ciudad, por eso difícilmente la hipótesis se sostiene; de todas maneras, el supuesto se tiene que hacer con fines de simplificación. Pero en el caso de extensas regiones, conformadas por

---

<sup>11</sup> Si un factor constante  $K=1.2$  es utilizado en todos los países, ciudades y tipos de amenaza entonces se vuelve irrelevante para propósitos de comparación. Sin embargo, es preferible tratar con  $K$  explícitamente por dos razones. La primera, por su naturaleza simbólica: ayuda a mantener en mente que el proceso de estimación es incierto y que se debe considerar la incertidumbre de una manera formal. Segundo, porque tal como se definió, las estimaciones de pérdida tienen un claro significado: son pérdidas económicas medidas en unidades monetarias. Por lo tanto, su escala es relevante.

diversas ciudades tal vez cientos de kilómetros separadas unas de las otras, sería extremadamente conservador asumir que todo se afecta en forma simultánea. En ese caso, es necesario obtener maneras de combinar los estimativos de pérdida calculados para cada ciudad, con el fin de obtener un valor combinado razonable para todo el país. A estas reglas se le denominará las *reglas de agregación* (Ver anexo N).

### 2.1.5 Apuntes para la crítica

#### *Verificación empírica e indirecta de las pérdidas*

Una de las principales críticas del método propuesto de estimación de las pérdidas es que es casi imposible verificarlo con los datos históricos. Una de las razones es que los países han registrado pérdidas para periodos muy cortos de tiempo en comparación con los periodos de retorno de eventos mayores. La probabilidad de tener un evento con un periodo de retorno TR= 100 años en un periodo de observación TE=20 años, es del 18%. Es casi seguro que los eventos de 100 años no hayan ocurrido en los últimos 20 años. En consecuencia, la estimación empírica de una probabilidad es restringida a valores bajos de las pérdidas. La verificación empírica puede también fallar por los cambios en las cantidades expuestas o de las tecnologías de construcción en el tiempo. Por otro lado, el cálculo mediante los modelos estocásticos (o “catastróficos”) de predicción de pérdidas futuras, en vez de hacer extrapolaciones (empíricas) de eventos pasados es una técnica que también enfrenta dificultades de diferente naturaleza, pero no de fácil solución.

Adicionalmente, puede notarse que en el cálculo del *IDD* y el *IDD'* sólo se tienen en cuenta pérdidas económicas directas. Sin embargo, hay casos en los cuales las pérdidas económicas indirectas pueden ser similares, o aún mayores, que las pérdidas económicas directas. Justamente, los efectos de las pérdidas en infraestructura, edificios o fábricas podrían propagarse por toda la economía, en tal caso las pérdidas finales son mucho mayores que aquellas debidas al impacto directo del desastre. No obstante la medición de pérdidas indirectas es extremadamente difícil por lo que teniendo en cuenta que aún cuando las pérdidas directas son una medida incompleta de los efectos de los desastres, son buenos indicadores del total de pérdidas. Adicionalmente, una corrección de pérdidas directas fue propuesta para obtener un mejor estimador de los impactos. La ecuación, ahora conocida como la ecuación de Moncho (Carreño *et al.*, 2005), expresa la relación entre las pérdidas directas y totales:

$$L_T = L + FL = L(I + F) \quad (2.8)$$

donde  $L_T$  representa la pérdida total,  $L$  las pérdidas directas, y  $F$  es un coeficiente (o factor de impacto) que varía con el tipo de amenaza, los problemas socioeconómicos prevalentes, y la resiliencia (el grado de preparación y habilidad para absorber y recuperarse de los efectos indirectos). Sería concebible que  $F$  fuese estimado para diferentes amenazas y regiones, reorganizando los (escasos) datos recolectados de

pérdidas durante desastres. En cualquier caso, los índices propuestos son indicadores para representar el perfil de riesgo de los países y los niveles de pérdidas que requieren ser entendidos en el contexto de cada país.

### ***Limitaciones del método de estimación de pérdidas***

El proceso de evaluación de la pérdida económica debido a los eventos naturales es, en general, muy complejo. En este proceso se usó un método aproximado para estimar las pérdidas en ciudades. Como en todas las aproximaciones hay un compromiso entre la precisión y la simplicidad. En general, entre más preciso sea el método más difícil es su aplicación. Con estas restricciones en mente se desarrolló el método propuesto. En los párrafos siguientes se discuten sus limitaciones así como algunas de sus fortalezas.

*Las ciudades son consideradas puntos en el espacio.* En este análisis las ciudades son consideradas objetos sin dimensión en el espacio. En otras palabras, se asume que cuando se presenta un evento este golpea con la misma intensidad la ciudad entera. Además una suposición implícita es que no sólo las intensidades en la ciudad, sino o también las pérdidas, están perfectamente correlacionadas. Hay suposiciones muy conservadoras. Primero, para ciudades grandes es muy factible que las intensidades durante un evento varíen (tal vez ampliamente) para diferentes puntos en la ciudad,<sup>12</sup> por lo que no todos los edificios son golpeados con la misma intensidad al mismo tiempo. Segundo, aún si las intensidades en todos los puntos fueran las mismas, es extremadamente poco factible que todos los edificios sufran el mismo nivel de daño. Qué tan conservadoras son estas suposiciones no es actualmente conocido, pero puede explorarse mediante simulación o por comparación con resultados de modelos más refinados, los cuales pueden ser realizados para algunas ciudades en la región.

*Amplia generalización de tipos de edificios.* En estos análisis, los edificios se dividen en sólo tres tipos: sector privado, sector público y propiedades de los pobres. Posteriormente, se usó la misma función de vulnerabilidad para todos los edificios que pertenecen al mismo sector. Esto es, obviamente, una caracterización muy amplia de los edificios, claramente, por ejemplo, no todos los edificios del sector privado son iguales. Esta simplificación no se presenta por las limitaciones del método propuesto, sino por las limitaciones en la disponibilidad de información. De hecho, si se tuviera información del número de edificios que pertenecen a una variedad de tipo estructural habría sido factible construir funciones de vulnerabilidad para cada tipo. ¿Cuántos tipos diferentes de estructuras? Tal vez no son tantos, pueden no ser más que diez. Pero en cualquier caso habría sido mejor que una clasificación amplia como la que fue usada, que como se mencionó se debe a la falta de información detallada.

---

<sup>12</sup> Nótese que la variabilidad a la que se hace referencia es la variabilidad de la intensidad para un conjunto dado de condiciones de un sitio. Las diferencias debido a los efectos del sitio pueden, también con algunas aproximaciones, ser tenidas en cuenta.

*Reglas para combinar las pérdidas de ciudades diferentes.* Como se ha recalcado, el método estima individualmente las pérdidas para cada ciudad y posteriormente, dadas unas reglas, las pérdidas de todas las ciudades se combinan para producir un estimativo nacional de éstas. Asimismo, el criterio de estimación del tamaño del área afectada dependía de la amenaza. En general, es imposible construir un conjunto simple de reglas de combinación que generen buenas aproximaciones en todos los casos. Se propusieron dos suposiciones principales: a) no es factible que las ciudades (o grupos de ciudades) se afecten simultáneamente por el mismo evento; y b) las curvas de amenaza para todas las ciudades son paralelas en una escala log-log. La condición a) depende del juicio aplicado al grupo de ciudades. Se hizo dicha agrupación de la mejor manera posible, pero la verdad es que no se ejecutaron análisis de sensibilidad para examinar otras posibilidades. La condición b) fue generalmente satisfecha sin embargo, así como con la condición a) no se examinaron las implicaciones de esos casos en los cuales el “paralelismo” de las curvas de amenazas estaba lejos de ser perfecto.

### ***Preocupaciones relacionadas con la estimación de resiliencia económica***

La resiliencia económica o denominador del *IDD* fue calculada haciendo algunos supuestos, que fueron aplicados en varios sentidos a todos los países, pero algunas hipótesis pueden no ser las mejores en todos los casos. Esto significa que para la evolución del *IDD* en el futuro es necesario revisar tanto la información de cada país en cuanto a las cifras de los posibles fondos disponibles para la reconstrucción como los supuestos principales que se hacen para el cálculo de esas cifras. Por ejemplo, de la inspección de los datos sobre los posibles fondos surgieron inquietudes como las siguientes:

- Parece haber una variación muy amplia en los valores estimados de la ayuda externa que fluiría para la respuesta en caso de desastre. Algunas de estas estimaciones pueden estar sobre optimistas o pesimistas.
- La posibilidad de nuevos impuestos parece extremadamente alta para algunos países en relación con el valor total de la resiliencia económica. Estos valores parecen muy altos y tal vez políticamente poco plausibles.
- Las cantidades permitidas para la reasignación presupuestal son probablemente también muy altas. Es importante reiterar el costo de oportunidad que se presenta por la reasignación de recursos, esto es: el cambio de destino de recursos de inversiones planeadas, con implicaciones a largo plazo en el crecimiento y desarrollo. Claramente, esto se debe a que no es dinero sin costo.

De esta forma, sería de utilidad incluir en el futuro algunos análisis de sensibilidad, recalculando el *IDD* asumiendo otras hipótesis realistas/pesimistas. Por ejemplo que pasa si las reasignaciones del presupuesto son sólo de la mitad de las estimaciones actuales. Esto significa que el *IDD* sería más grande y entonces peor que las evaluaciones actuales del indicador que en muchos casos se califica por encima de 1 ( $IDD > 1$ ).

Una alta pérdida potencial o un alto puntaje del *IDD* tienen implicaciones relevantes y es importante para los gobiernos entender un poco más lo que significa. Pueden ser implicaciones para el crecimiento del PIB por ejemplo. Más detalles y análisis son requeridos en los futuros diálogos con y entre los países. Esta discusión debe también hacer anotar que no hay una relación lineal directa entre la escala de pérdidas físicas y las consecuencias económicas. Por ejemplo, pérdidas de infraestructura pesada (caminos, electricidad, etc.) tendrá menor impacto en una isla pequeña especializada en servicios financieros que una dependiente de la agricultura o el turismo. Así, niveles de pérdidas necesitan ser entendidos en el contexto del área afectada.

Finalmente, nuevas evaluaciones pueden considerar otros fondos potenciales para la resiliencia económica, por ejemplo las remesas como ayuda humanitaria. Algunos de los fondos más significativos disponibles para un país después de un desastre mayor vienen de emigrantes que viven fuera del país. El envío de dinero del hogar a la familia, amigos o parientes ha sido un factor importante en muchos desastres. Aún si esto no contribuye directamente a los fondos disponibles para el gasto público, en efecto actúa reduciendo algunas de las demandas que de otra manera tendrían que ser asumidas por el gobierno. Es en efecto un “impuesto” informal para los emigrantes que contribuyen voluntariamente.

## **2.2 IMPACTO DE DESASTRES MENORES RECURRENTE**

Muchos son los fenómenos del cambio climático, que hoy preocupan a los científicos y por lo visto cada vez más a los políticos. Los de mayor sensibilidad son los que tienen relación con el aumento del riesgo y la inseguridad humana. Sin embargo, el aumento del riesgo no sólo se debe a los fenómenos de variabilidad climática que se están exacerbando con el cambio climático. Hay factores de riesgo que deben mirarse con igual detenimiento como lo son las condiciones de “vulnerabilidad” y la necesidad de “adaptación” frente a la acción de los fenómenos de la naturaleza. Se trata de factores de riesgo que no se han percibido lo suficiente bien por falta de información sistematizada. Por esta razón se presentan a continuación algunos datos reveladores que ilustran el aumento de los que podrían llamarse “desastres menores” o “invisibles”, que son el resultado de la variabilidad climática y del aumento de vulnerabilidad desde una perspectiva económica, social y ambiental. Estas cifras ilustran desde una nueva perspectiva que el cambio climático implica un serio problema de riesgo de desastres que no solamente está relacionado con el potencial de futuros eventos extremos, como hasta ahora se ha visto, sino también de la ocurrencia continua de desastres menores que destruyen los medios de sustento de los más pobres y profundizan su incapacidad de adaptación perpetuando su vulnerabilidad y la pobreza.

Es importante señalar que el riesgo por desastres menores usualmente no se considera importante, sin embargo los desastres menores son una problemática social y ambiental que tiene grandes implicaciones. Estos eventos, en su mayoría, están relacionados con fenómenos persistentes como deslizamientos, avalanchas,

inundaciones, incendios forestales, sequías que son el resultado de procesos socio-naturales asociados con la variabilidad climática y el deterioro ambiental que afectan de manera crónica el nivel local y a los estratos socioeconómicos más frágiles de la población.

Por lo anterior es importante evaluar el impacto recurrente de desastres menores que dan lugar a una problemática muy delicada de riesgo social y ambiental y que se considera de especial relevancia para el país. Esta problemática se deriva de los eventos frecuentes que afectan de manera crónica el nivel local y subnacional, afectando en particular a los estratos socioeconómicos más frágiles de la población y generando un efecto altamente perjudicial para el desarrollo del país. En ese sentido es importante determinar qué tan propenso es el país a la ocurrencia de desastres menores y al impacto acumulativo que causa este tipo de eventos al desarrollo local. Dichos eventos en su mayoría están relacionados con fenómenos persistentes como deslizamientos, avalanchas, inundaciones, incendios forestales, sequías que pueden ser el resultado de procesos socio-naturales asociados con el deterioro ambiental, y también con terremotos, huracanes y erupciones volcánicas de menor escala.

Las cifras que se presentan a continuación son el resultado de un estudio<sup>13</sup> realizado con base en la base de datos DesInventar de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La RED), que tiene registros de Colombia discriminados por fenómenos, tipos de efectos a nivel municipal, así como también acumulaciones y estadísticas temporales y espaciales. Para el análisis han sido excluidas las cifras correspondientes a grandes desastres, por lo que los resultados son únicamente sobre la base de eventos menores. Para el efecto se aplicó una metodología que identifica analíticamente los valores extremos o *outliers*, con el fin de excluirlos de la base de datos.

### **2.2.1 Efectos causados por eventos menores y moderados**

Existe la hipótesis -bastante difundida- de que los efectos causados por los eventos menores y moderados, acumulados a lo largo del tiempo, pueden ser equivalentes e incluso mayores que el impacto de los grandes desastres. En este apartado se intenta comprobar dicha hipótesis, mediante el análisis de pérdidas y daños que se reportan para los eventos contenidos en la base de datos. No obstante, conviene de entrada hacer varias precisiones:

- a. La información contenida en los registros disponibles, no es completa. Aún cuando uno de los criterios para su inclusión en la base de datos ha sido el que el evento ocurrido tenga algún determinado nivel de daños (sea éste de cualquier intensidad), las fuentes a partir de las cuales se obtuvo la información no siempre incluyen las cifras sobre daños o pérdidas. Es decir, existe una proporción importante de registros en la que algunas de las

---

<sup>13</sup> “Análisis del Impacto de Desastres Menores y Moderados a Nivel Local en Colombia” realizado por Mabel Cristina Marulanda y el autor en 2006 para el ProVention Consortium (ver: <http://www.desinventar.org/sp/proyectos/articulos/>).

variables solo se expresan de manera cualitativa (cerca del 35%). Adicionalmente a esto, si se toma variable por variable, en algunos casos existe cifra, en otros solo se señala que hubo algún nivel de afectación (por ejemplo, en el caso de muertos, 2,073 registros incluyen cifras de un total de 2,128 que señalan que hubo muertos).

- b. Dado que la información en los registros no es homogénea, únicamente se consideran las categorías de daños y pérdidas en: número de muertos, afectados, viviendas destruidas y número de hectáreas de cultivo dañadas.
- c. Bajo ninguna circunstancia los resultados presentados pueden ser considerados como definitivos; son aproximados, y únicamente sirven para efectos de comparación con los daños y pérdidas reportadas para grandes desastres.
- d. Para el análisis del impacto de los desastres menores han sido excluidas las cifras correspondientes a grandes desastres, por lo que los resultados son únicamente sobre la base de eventos menores y moderados. Para el efecto se aplicó la metodología propuesta por Marulanda y Cardona (2006) que identifica analíticamente los valores extremos o *outliers*, con el fin de excluirlos de la base de datos.
- e. Dado el tipo de información con el que se cuenta, el análisis de la acumulación de daños y pérdidas por eventos pequeños y medianos se hace a nivel nacional, para los 32 años considerados en el periodo de estudio.

Haciendo un recuento grueso de las pérdidas y daños causados por los eventos menores y moderados en intensidad que han ocurrido en el territorio colombiano durante los últimos 32 años, se puede observar que estas pérdidas no han sido marginales en realidad. La muestra que cerca de 10 mil muertos, casi 2 millones de afectados, 93 mil viviendas destruidas y 217 mil afectadas, así como cerca de 2 millones de hectáreas de cultivos dañadas, son el resultado de la acumulación de este tipo de eventos desde 1970 en el país.

**Tabla 2.3. Cifras brutas de daños y pérdidas por eventos menores y moderados.**

Periodo	Muertos	Afectados	Casas destruidas	Viviendas afectadas	Hectáreas de Cultivos destruidas
<b>1971-1980</b>	2,964	204,393	18,588	16,604	327,497
<b>1981-1990</b>	3,812	608,180	19,754	16,044	738,743
<b>1991-2000</b>	2,394	871,374	50,465	163,051	964,450
<b>2001-2002</b>	305	61,584	4,353	21,376	144,023
<b>1971-2002</b>	<b>9,475</b>	<b>1,745,531</b>	<b>93,160</b>	<b>217,075</b>	<b>2,174,713</b>

Fuente: DesInventar

En un análisis de más corto plazo, observamos que en la década de 1991-2000 tiende a acumularse la mayor cantidad de daños, siendo también la que registra el mayor número de eventos ocurridos. Con excepción del número de muertos, es en este periodo donde se presenta la mayor cantidad de daños y pérdidas por evento ocurrido, que incluso llega a ser mucho mayor que la media por evento registrada a lo largo de los 32 años estudiados como lo ilustra la

Tabla 2.4. Pérdidas y daños promedio por evento ocurrido.

Por su parte, la década de 1981-1990, registra pérdidas y daños por encima de la media global en las categorías de muertos, afectados y hectáreas de cultivos dañados, y el periodo comprendido entre 1971 y 1980 sólo llega a ser cercano a la media global en el número de personas fallecidas por evento. Finalmente, comparando el promedio anual de las diferentes décadas y los años 2001 y 2002, estos dos últimos años presentan valores altos en daños y personas afectadas, teniendo el segundo lugar en el número de personas afectadas así como también en viviendas afectadas.

*Tabla 2.4. Pérdidas y daños promedio por evento ocurrido.*

Periodo	Muertos	Afectados	Casas destruidas	Viviendas afectadas	Hectáreas de Cultivos destruidas
1971-1980	0.57	39.11	3.56	3.18	62.67
1981-1990	0.71	112.52	3.65	2.97	136.68
1991-2000	0.34	123.37	7.14	23.09	136.55
2001-2002	0.20	40.84	2.89	14.18	95.51
<b>1971-2002</b>	<b>0.49</b>	<b>90.90</b>	<b>4.85</b>	<b>11.30</b>	<b>113.25</b>

Fuente: Cálculos propios con base en DesInventar

Aceptando que desde 1970 la calidad y disponibilidad de datos son similares, la tendencia hacia un incremento en la cantidad de daños y pérdidas por eventos menores a través de los años solo se puede explicar por dos factores: primero, el incremento de la intensidad y recurrencia de los fenómenos; segundo, el incremento de la vulnerabilidad y volumen de los elementos expuestos. El incremento de los fenómenos se detecta particularmente en algunas cuencas hidrográficas como resultado de la degradación ambiental y debido al cambio climático; particularmente como resultado de la variabilidad climática. No existe una evidencia empírica clara que confirme este factor, pero este tipo de eventos y efectos son el principio de este tipo de confirmación. Por otro lado, teniendo en cuenta el crecimiento de la población y el crecimiento urbano en los últimos 40 años, es posible aceptar un incremento en el volumen de elementos expuestos y en su vulnerabilidad. En cualquier caso, el incremento del riesgo es claro tanto como resultado de eventos naturales como socio-naturales, recurrentes y menores, y su relación directa con el tipo de modelo de desarrollo seguido en el país.

En términos comparativos, se destaca la importancia que ha tenido la acumulación de daños y pérdidas ocasionadas por eventos menores a lo largo del tiempo. Estableciendo una comparación con dos de los mayores desastres que ha sufrido el país en los últimos 32 años (Erupción volcánica del Nevado del Ruiz en 1985 y el terremoto del Quindío en 1999), las cifras no pueden ser subvaloradas (ver Tabla 2.5. Comparativo de daños y pérdidas de los desastres menores con desastres extremos ocurridos en Colombia.



**Tabla 2.5. Comparativo de daños y pérdidas de los desastres menores con desastres extremos ocurridos en Colombia.**

Tipo de daños y pérdidas	Erupción Nevado del Ruiz (1985)	Terremoto del Quindío (1999)	Eventos Menores (1971-2002)
<b>Muertos</b>	24,442	1,862	9,475
<b>Afectados</b>	232,546	160,336	1,745,531
<b>Viviendas destruidas</b>	5,402	35,949	93,160
<b>Viviendas afectadas</b>	NA	43,422	217,075
<b>Hectáreas de cultivos destruidas</b>	11,000	ND	2,174,713

Fuente: DesInventar

Si bien el número de personas fallecidas en Armero y Chinchiná como resultado de la erupción volcánica de 1985 representa un evento de tipo extraordinario que excedió las predicciones de cualquier tipo de especialista, vemos que la acumulación de personas muertas por eventos de baja intensidad a lo largo del tiempo tiende a ser también muy elevada, ya que representa el 38.8% de las muertes ocurridas en Armero y Chinchiná. El número de personas afectadas por eventos menores, es 7.5 veces el desastre de Armero y Chinchiná y supera en casi 11 veces las cifras arrojadas por el terremoto de Armenia que afectó severamente a todo el Eje Cafetero. Por último, en lo que se refiere a los totales de viviendas destruidas y afectadas, los eventos menores representan 2.5 veces el total de viviendas destruidas en el terremoto del Quindío y más de 17 veces las destruidas en Armero y Chinchiná. El número de viviendas afectadas por eventos menores es 5 veces el número de las viviendas afectadas en el terremoto del Quindío.

### 2.2.2 Costo económico de los desastres menores

En términos del costo económico las pérdidas registradas por eventos menores y moderados son muy significativas.

Considerando dos categorías de daños y pérdidas (viviendas y hectáreas de cultivo dañadas), el monto total acumulado para los 32 años estudiados, supera los 1,650 millones de dólares de acuerdo con la tabla 2.6. De este total, 35.1% corresponden al costo estimado de las viviendas destruidas y afectadas; y, el resto (64.9%), corresponde al monto por daños en hectáreas de cultivo.<sup>14</sup> Esta aproximación es útil para estimar el orden de magnitud de las pérdidas y poder hacer comparaciones generales. Por ejemplo, aunque pueda haber sobrestimaciones en el caso de los cultivos afectados, por errores de valoración o por la dificultad para estimar la superficie que se afecta en la realidad, es posible detectar que las pérdidas en el sector agrícola son importantes no obstante que son poco visibles.

<sup>14</sup> Para el cálculo de las pérdidas por eventos menores, ha sido aplicada la metodología propuesta por el proyecto de indicadores sobre riesgo BID-IDEA. En el caso de las viviendas, se ha considerado el total de viviendas destruidas, más una ponderación de las viviendas afectadas, donde 4 viviendas afectadas corresponden a una vivienda destruida. El cálculo de la pérdida se realiza suponiendo la reposición sin el terreno de una vivienda de interés social (número promedio de metros cuadrados por el valor del metro cuadrado de construcción de este tipo de edificación en cada periodo). Para el caso de las estimación del las pérdidas en cultivos, se tomó como base el valor promedio de una hectárea de cultivos básicos típicos de las zonas inundables por el número total de hectáreas inundadas, suponiendo la pérdida total del cultivo.

**Tabla 2.6. Costo estimado de las pérdidas y daños causados por desastres menores (miles de dólares).**

Periodo	Pérdidas en vivienda	Pérdidas en cultivo	Total
1971-1980	68,217.00	98,249.10	166,466.10
1981-1990	78,424.50	295,497.20	373,921.70
1991-2000	385,892.33	578,669.70	964,562.03
2001-2002	47,127.42	100,816.45	147,943.87
<b>1971-2002</b>	<b>579,661.25</b>	<b>1,073,232.45</b>	<b>1,652,893.70</b>

Fuente: Cálculos propios a partir de la metodología del programa sobre indicadores de riesgo BID-IDEA

Ahora bien, estos valores son hipotéticos y no corresponden a cifras de costos de reposición real ni a un pago o indemnización por las pérdidas. Es decir en la mayoría de los casos no se realizan programas de reconstrucción formal, ni de créditos o subsidios por parte del Estado. A pesar de la imprecisión que puede haber en estas estimaciones, las cifras dan un orden de magnitud de un problema que es preocupante y que pasa desapercibido. La mayoría de los afectados en estos casos son personas de escasos recursos que no reciben apoyo del gobierno cuando se presentan este tipo de eventos; son personas afectadas recurrentemente perdiendo sus medios de sustento perpetuándose así su situación de pobreza.

Como puede observarse en las Tablas 2.3 a 2.6, a lo largo del tiempo las pérdidas se han incrementado de manera importante en términos relativos, sin corresponder con el número de eventos ocurridos. Así, entre la primera y la segunda década, el número de eventos ocurridos se incrementa en un 3.42% y las pérdidas presentan un incremento de 224.6%. Mientras que entre la segunda y terceras décadas, el margen es mucho mayor con un incremento en la ocurrencia de eventos de 130.68%, pérdidas con un incremento de 257.96% sobre las pérdidas registradas en la década de 1981-1990. La importancia de las cifras expresadas en términos monetarios, puede verse con mayor claridad si considera el costo promedio en cada evento ocurrido. De esta forma, se tiene que para la década de 1971-1980 el costo promedio por evento fue de 31,853 dólares; para el periodo 1981-1990 fue de 69,181; y para la década 1991-2000 de 136,566 dólares por evento.

**Tabla 2.7. Pérdidas de eventos extremos, millones de dólares (corrientes) y en % PIB.**

Eventos	Pérdidas estimadas	Costos de Rehabilitación
Erupción del Volcán Nevado del Ruiz (1985) Armero	246.05 (0.70)	359.95 (1.02)
Terremoto de la Región Cafetera (1999) Quindío	1,590.81 (1.88)	856.72 (1.01)
Eventos menores y moderados (1971-2002)	1,652.89	ND

Fuente: Eventos extremos, ERN Consultores para el DNP

Un análisis comparativo de las pérdidas causadas por los eventos menores y algunos de los desastres extremos reconocidos con destrucción masiva que han ocurrido en Colombia, es útil para acercarse al impacto que los pequeños y medianos eventos pueden estar teniendo a través del tiempo. De acuerdo con las cifras de la Tabla 2.7, se puede ver que las pérdidas materiales (millones de dólares) causadas por los eventos menores en 32 años representan 6.7 veces las pérdidas causadas por el desastre de Armero y Chinchiná. Incluso las pérdidas acumuladas en la década de

1981-1990 por los eventos menores superan 1.5 veces las pérdidas causadas por el desastre de Armero y Chinchiná. Por otra parte, las pérdidas materiales totales ocasionadas por eventos menores únicamente en viviendas afectadas y hectáreas de cultivos destruidas sobrepasan las pérdidas materiales causadas por el terremoto del Quindío. Esto quiere decir que cada 30 años aproximadamente, las pérdidas ocasionadas por eventos menores a la vivienda y a la agricultura, equivalen a las producidas por un desastre similar al de Quindío. Sin embargo, considerando la velocidad a la que se está incrementando el promedio de pérdidas por evento, es muy probable que ese lapso de 30 años se reduzca considerablemente en la presente década y la siguiente. La gran diferencia entre los desastres extremos y los menores arriba mencionados ha sido que se han implementado programas de reconstrucción y se han realizado inversiones para ayudar a las personas afectadas, mientras que, en el caso de los desastres pequeños no se ha implementado ninguna actividad de rehabilitación o reconstrucción. Esto significa que las personas afectadas por pequeños desastres pierden su sustento y no reciben ninguna ayuda sustancial para su recuperación y desarrollo.

Hoy en día sigue siendo común evaluar el impacto económico causado por un desastre en función de los efectos producidos por el monto total de pérdidas sobre variables de tipo macroeconómico, tales como el PIB. Este ha sido el enfoque de las evaluaciones de la CEPAL para múltiples desastres ocurridos en todo el territorio latinoamericano. Si bien se reconoce que el impacto económico no corresponde al monto de pérdidas expresado en relación con variables de indicadores económicos agregados y que el impacto del desastre no solo corresponde al costo económico, se toma este indicador como punto de referencia para ilustrar también la relevancia de los eventos menores y el impacto que pueden significar para la economía nacional. Analizamos, en primer lugar, el caso de la agricultura. En este sector se registran los montos más elevados de pérdidas por desastres menores. La tabla 2.8 muestra que para el periodo 1971-1980, las pérdidas acumuladas fueron equivalentes al 1.52% del PIB agrícola para el año de 1980. Más significativo resultó el impacto de estos pequeños desastres durante la década siguiente, cuando el monto total de pérdidas en el sector representó el 4.52% del PIB agrícola para 1990, siendo mayor (5.6%) para el periodo final que va de 1991 al año 2000. A lo largo del tiempo, las pérdidas en el sector han sido equivalentes al 12.65% del PIB sectorial, precios constantes, para un periodo de 32 años.

*Tabla 2.8. Pérdidas acumuladas de eventos menores en millones de dólares y % PIB del sector de agricultura.*

Periodo	Pérdidas en cultivos valor corriente (constante)	PIB del sector de agricultura valor corriente (constante)	Participación de pérdidas en el PIB sectorial (%)
1971-1980	98,25 (172.64)	6,466 (11,352)	1,52
1981-1990	295,50 (689.50)	6,539 (15,257)	4,52
1991-2000	578,67 (758.38)	10,330 (13,358)	5.60
2001-2002	100,82 (138.80)	10,103 (13,909)	1.00
<b>1971-2002</b>	<b>1,073.24 (1,759.32)</b>	<b>(13.909)</b>	<b>(12.65)</b>

Para estimaciones, se tomó el PIB del último año de cada periodo (BM, 2003).

En la tabla 2.9, se muestra el impacto que han tenido las pérdidas por destrucción y daños en viviendas, causados por los eventos menores. De las cifras se deriva que aunque el monto total de pérdidas es considerablemente menor que el que se registra en el sector agrícola, los porcentajes con respecto al PIB del sector correspondiente son algo mayores. Durante el primer periodo, las pérdidas equivalieron al 4.25% del PIB del sector de la construcción, y para la siguiente década presentó el 3.95%. No obstante, para el tercer periodo (1991-2000), las pérdidas se elevan radicalmente y alcanzan a representar el 12.62% del PIB sectorial. En términos acumulativos, los daños ocasionados a la vivienda a lo largo de los 32 años representaron el 19.92% del PIB correspondiente al sector de la construcción en precios constantes.

*Tabla 2.9. Pérdidas acumuladas de eventos menores en millones de dólares y % PIB del sector de vivienda.*

Periodo	Pérdidas en viviendas	PIB del sector de la construcción (precios constantes)	Participación de pérdidas en el PIB sectorial (%)
<b>1971-1980</b>	68.22 (119.87)	1,607.20 (2,824.11)	4.25
<b>1981-1990</b>	78.42 (182.98)	1,993.10 (4,650.58)	3.95
<b>1991-2000</b>	385.89 (505.73)	3,058.10 (4,007.80)	12.62
<b>2001-2002</b>	47.13 (64.88)	3,184.95 (4,354.89)	1.48
<b>1971-2002</b>	<b>579.66 (873.47)</b>	<b>(4,354.89)</b>	<b>(19.92)</b>

Para estimaciones, se tomó el PIB del último año de cada periodo (BM, 2003).

Finalmente, a nivel agregado, el impacto de los eventos menores resulta bastante significativo. De acuerdo con la tabla 2.10, el total de pérdidas relativas a la vivienda y al sector agrícola causadas por eventos de baja intensidad en un lapso de 32 años, llegó a representar 2.25% del PIB nacional para el año 2002, precios constantes. Esta cifra resulta significativa, si tomamos en cuenta que las pérdidas ocasionadas por el terremoto del eje cafetero representaron el 1.88% PIB nacional de 1999.

*Tabla 2.10. Pérdidas acumuladas de eventos menores en millones de dólares y % del PIB de Colombia.*

Periodo	Pérdidas [cultivos+viviendas] valor corriente (constante)	PIB nacional valor corriente (constante)	Participación de pérdidas en % del PIB nacional
<b>1971-1980</b>	166.47 (264.81)	33,400 (53,180)	0,50
<b>1981-1990</b>	373.92 (688.05)	40,274 (74,108)	0,93
<b>1991-2000</b>	964.56 (1,129.24)	83,220 (96,652)	1,16
<b>2001-2002</b>	147.95 (175.94)	84,002 (99,893)	0,18
<b>1971-2002</b>	<b>1,652.89 (2,249.03)</b>	<b>(99,893)</b>	<b>(2.25)</b>

Para estimaciones, se tomó el PIB del último año de cada periodo (BM, 2003).

Con las cifras anteriores, difícilmente puede seguirse hablando de no desastres con impactos nulos, más aún cuando en las pérdidas estimadas no se ha incluido el costo por daños en otro tipo de infraestructura (p.e. carreteras, caminos, puentes, etc.) y sectores productivos (industria, comercio, electricidad y otros) que también suelen afectarse por estos eventos menores. Estas cifras no sólo son significativas en términos cuantitativos sino que pueden considerarse una evidencia que confirma la hipótesis que sostiene que los efectos acumulados de daños y pérdidas por eventos menores pueden ser equivalentes y en muchos casos mayores a los producidos por

desastres extremos, cuya correlación o simultaneidad de efectos los hace visibles. Aún cuando estos pequeños eventos continúan siendo “invisibles” y no son considerados como desastres, los resultados arrojados en el presente documento ilustran la importancia de este tipo de eventos, ya que representan una situación de riesgo preocupante que se vive en todos los países latinoamericanos.

Estos análisis son fundamentales para la definición de criterios que ayuden a la toma de decisiones en problemas que no solamente son de gestión de riesgos sino también de ordenamiento territorial, protección ambiental, desarrollo social y sectorial. Es urgente reconocer la necesidad de reducir la vulnerabilidad y de aumentar la capacidad de adaptación de las comunidades; es decir, la gestión del riesgo no sólo significa para una sociedad asumir con responsabilidad las acciones que reduzcan el cambio climático sino también combatir la marginalidad, la exclusión y la disparidad social que son factores que indican que los desastres, sean mayores o menores, se construyen socialmente y que no son más que problemas de desarrollo aún no resueltos.

### 2.2.3 Índice de Desastres Locales

El IDL<sup>15</sup> fue propuesto y desarrollado por el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia en Manizales, en el marco del programa de “Indicadores de Gestión de Riesgos de Desastres en las Américas”, para el Banco Interamericano de Desarrollo.<sup>16</sup> Este índice representa qué tan propenso es un país a la ocurrencia de desastres menores y el impacto acumulativo que causa este tipo de eventos al desarrollo local e intenta representar la variabilidad y dispersión espacial del riesgo al interior del país como resultado de eventos menores y recurrentes.

El IDL intenta representar la variabilidad y dispersión espacial del riesgo al interior del país como resultado de eventos menores y recurrentes obtenidos de la base de datos DesInventar.<sup>17</sup> Este enfoque considera la importancia que para un país tiene la frecuente ocurrencia de eventos de escala menor, que rara vez entran en las bases de datos de desastres internacionales, incluso nacionales, pero que plantea problemas de desarrollo serios y acumulativos para el nivel local y, dado su probable impacto generalizado, para el país como un todo. Dichos eventos, que pueden ser el resultado de procesos socio-naturales asociados con el deterioro ambiental, están relacionados con fenómenos persistentes o crónicos, como deslizamientos, avalanchas, inundaciones, incendios forestales, sequías y también terremotos, huracanes y erupciones volcánicas de menor escala. El IDL lo constituye la suma de tres

---

<sup>15</sup> IDEA (2005). *Sistema de indicadores para la gestión del riesgo de desastre: Informe técnico principal*. Programa BID/IDEA de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

<sup>16</sup> Los fundamentos técnicos y detalles del Índice de Desastres Locales se pueden encontrar en el Informe Técnico Principal del Programa de Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión de Riesgos para las Américas, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales, Banco Interamericano de Desarrollo. <http://idea.unalmz.edu.co>

<sup>17</sup> Base de datos implementada por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres de América Latina.

subindicadores calculados con base en las cifras de personas fallecidas, personas afectadas y pérdidas en cada municipio del país:

$$IDL = IDL_{Muertos} + IDL_{Afectados} + IDL_{Pérdidas}$$

Este índice capta de manera simultánea la incidencia y la uniformidad de la distribución de efectos a nivel local, es decir da cuenta del peso relativo y la persistencia de los efectos causados por los diferentes fenómenos que originan desastres en la escala municipal. Un mayor valor relativo del IDL significa una mayor regularidad de la magnitud y la distribución de los efectos entre todos los municipios de un país, debido a los diferentes tipos de fenómeno que los originan. Un menor valor del IDL significa baja distribución espacial de los efectos entre los municipios donde se han presentado eventos. La Figura 2.11 ilustra esquemáticamente como se obtiene el IDL de un país con base en la información sobre eventos en cada municipio.

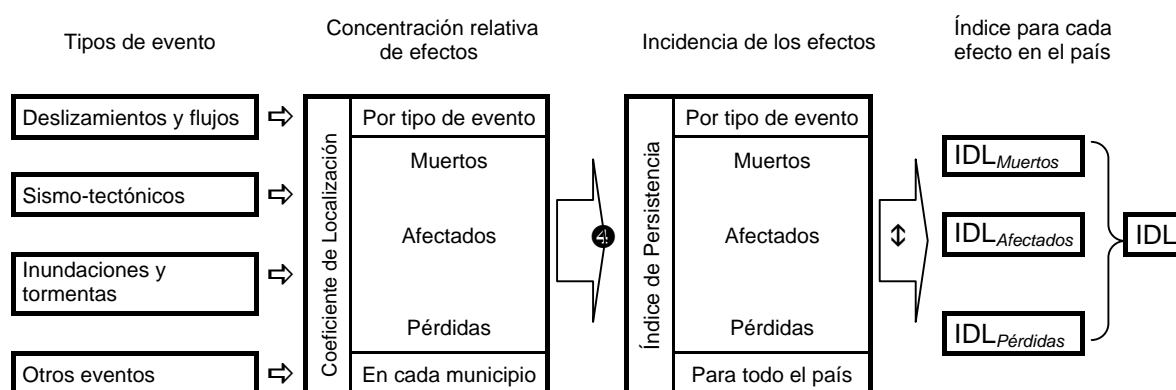


Figura 2.4. Estimación del IDL.

De manera complementaria, se ha formulado un IDL' que mide la concentración de efectos a nivel municipal de las pérdidas (daño físico directo) agregadas para todos los eventos en el país. Este indicador da cuenta de la disparidad del riesgo entre los municipios. Un valor IDL' cercano a 1.0 significa que muy pocos municipios concentran la mayoría de las pérdidas registradas en el país.

Estos índices son útiles para los analistas económicos y los funcionarios sectoriales, encargados de promover las políticas de desarrollo rural y urbano, porque pueden poner en evidencia la persistencia y acumulación de efectos de los desastres menores; estimular que se tengan en cuenta los problemas de riesgo en el ordenamiento territorial a nivel local y en la intervención y protección de cuencas hidrográficas; justificar la transferencia de recursos al nivel local con fines específicos de gestión de riesgos y la conformación de redes de seguridad social.

Ahora bien, el IDL originalmente fue evaluado teniendo en cuenta los efectos de los fenómenos extremos. Esto significa que la evaluación incluye los efectos de todos los desastres, tanto menores y frecuentes como extremos y esporádicos. Por esta razón, el IDL original sería mejor denominarlo "Índice de Efectos Locales" (IEL). Para

tener un “Índice de Desastres Locales” más apropiado, el valor debe estar basado en efectos de desastres de menor escala; la mayoría de ellos considerados actualmente como locales. Por lo tanto, una vez que se han obtenido los eventos extremos o *outliers* y excluido de la base de datos, los resultados del índice calculado podrían ser considerados como los de un IDL real. Estos resultados son en efecto muy diferentes. Además, Marulanda y Cardona (2006) han realizado una revisión de la metodología y han sugerido algunos cambios menores para mejorar el tratamiento analítico utilizado en el sistema de indicadores BID-IDEA. Particularmente, este es más apropiado para redefinir los Índices de Persistencia del índice original por tipo de eventos, de la siguiente forma:

El IDL obtenido de la ecuación 2.9, corresponde a la suma de los tres subíndices de desastre local, teniendo en cuenta muertos  $K$ , afectados  $A$  y pérdidas  $L$ :

$$IDL = IDL_K + IDL_A + IDL_L \quad (2.9)$$

Los subíndices de desastres locales para cada tipo de variable  $(K,A,L)$  se obtienen de la ecuación:

$$IDL_{(K,A,L)} = \left( 1 - \sum_{e=1}^E \left( \frac{IP_e}{100} \right)^2 \right) \lambda \Big|_{(K,A,L)} \quad (2.10)$$

$\lambda$  es un coeficiente de escalamiento e  $IP_e$ , como lo expresa la ecuación 2.11, corresponde al Índice de Persistencia de los efectos  $(K,A,L)$  causados por cada tipo de evento  $e$ ; que en este caso son cuatro: i) deslizamientos y flujos, ii) fenómenos sismo-tectónicos, iii) inundaciones y tormentas y iv) otros eventos,

$$IP_{e(K,A,L)} = 100 \sum_{m=1}^M \frac{CL_{em}}{CL_m} \Big|_{(K,A,L)} \quad \text{donde} \quad CL_{m(K,A,L)} = \sum_{e=1}^E CL_{em(K,A,L)} \quad (2.11)$$

$CL_{em}$  corresponde al Coeficiente de Localización de los efectos  $x(K,A,L)$  causados por cada tipo de evento  $e$  en cada municipio  $m$  del país, como lo establece mediante la ecuación:

$$CL_{em(K,A,L)} = \frac{x_{em} x_{eC}}{x_m x_C} \eta \Big|_{(K,A,L)} \quad (2.12)$$

donde los valores de la variable  $x$  en consideración, correspondiente a  $K$ ,  $A$  o  $L$ , son:

$x_{em}$  el valor  $x$  causado por el tipo evento  $e$  en el municipio  $m$ ;

$x_m$  la suma total de  $x$  para todos los tipos de eventos considerados en el municipio  $m$ ;

$x_{eC}$  el valor de  $x$  para el tipo de evento  $e$  en el todo el país;

$x_C$  la suma total de  $x$  en todo el país, y

$\eta$  es la relación entre el total de tipos de evento  $E$  y el total de municipios del país  $M$ , en los cuales se ha presentado algún efecto.

Los Índices de Persistencia captan simultáneamente, para un período dado, la incidencia –o concentración relativa– y la homogeneidad de los efectos a nivel local de cada tipo de evento con respecto a los demás municipios y tipos de evento en todo el país. En la formulación inicial de este índice no se definió ninguna escala para la comparación de los resultados entre los tipos de eventos. Por lo tanto, se propone un proceso de normalización para tener un valor mínimo y máximo para  $IP_e$  (0 y 100).

Cuando el valor se aproxima a 0 significa que no hay incidencia ni distribución similar de efectos debido a un tipo de evento, y cuando se acerca a 100 significa que son altos con respecto a los otros tipos de eventos. Consecuentemente, esta nueva formulación permite ver claramente cual tipo de evento tiene mayor incidencia y regularidad en los municipios del país. La Tabla 2.11 presenta los nuevos  $IP_e$  para los diferentes períodos evaluados a nivel nacional.

La tabla muestra que la incidencia y regularidad de las pérdidas por inundaciones y tormentas son significantes en todos los períodos, mientras que el número de personas afectadas (heridas) es importante debido a otros eventos en la mayoría de los períodos. La persistencia de personas muertas es importante como resultado de deslizamientos, sin embargo algunas cifras debido a inundaciones y tormentas también son considerables en algunos períodos.

**Tabla 2.11. Nuevos valores de los índices de persistencia para Colombia.**

Efectos	Deslizamientos y flujos	Inundaciones y tormentas	Sismotectónicos	Otros eventos
<b>1981-1985</b>				
<b>Muertos</b>	56.54	38.50	0.03	4.93
<b>Afectados</b>	39.80	57.75	0.45	2.00
<b>Pérdidas</b>	2.05	97.92	0.03	0.00
<b>1986-1990</b>				
<b>Muertos</b>	42.57	16.52	0.00	40.91
<b>Afectados</b>	1.62	1.70	0.00	96.68
<b>Pérdidas</b>	1.79	88.05	0.00	10.16
<b>1991-1995</b>				
<b>Muertos</b>	35.02	55.31	1.22	8.46
<b>Afectados</b>	2.29	9.91	17.60	70.20
<b>Pérdidas</b>	0.89	95.62	3.27	0.23
<b>1995-2000</b>				
<b>Muertos</b>	50.44	41.32	3.98	4.26
<b>Afectados</b>	16.63	27.56	0.00	55.80
<b>Pérdidas</b>	3.01	94.21	2.26	0.53
<b>2001-2002</b>				
<b>Muertos</b>	24.07	24.24	0.00	51.69
<b>Afectados</b>	0.60	35.59	0.00	63.81
<b>Pérdidas</b>	0.20	99.60	0.00	0.20

Fuente: *DesInventar sin outliers*

En las Tablas 2.12 y 2.13 se muestra el antiguo IDL –ahora IEL– y la nueva versión del IDL calculado sin outliers. Haciendo una comparación entre ellos, es posible ver que el IDL total ha aumentado, lo que refleja que hay mayor regularidad y



distribución de los efectos locales entre los municipios del país. Se pueden observar que algunas diferencias significantes son debidas a que muchos desastres grandes concentran los efectos extremos en pocos municipios. Aunque el periodo 2001-2002 no es comparable con los años previos<sup>18</sup> se puede ver que el IDL total está creciendo más rápido que antes. La tendencia del nuevo IDL muestra claramente que en Colombia los efectos de los eventos menores están creciendo. Indica una mayor regularidad e incidencia de los efectos en el territorio debido a desastres locales, con serias implicaciones a nivel local.

**Tabla 2.12. IEL para muertos (K), afectados (A) y pérdidas (L).**

Índice	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000
<b>IEL<sub>K</sub></b>	14,09	60,14	81,70	90,50
<b>IEL<sub>A</sub></b>	4,06	8,39	9,20	13,04
<b>IEL<sub>L</sub></b>	7,98	13,01	15,93	40,56
<b>IEL</b>	<b>26,12</b>	<b>81,54</b>	<b>106,83</b>	<b>144,11</b>
<b>IEL'</b>	0,97	0,91	0,91	0,91

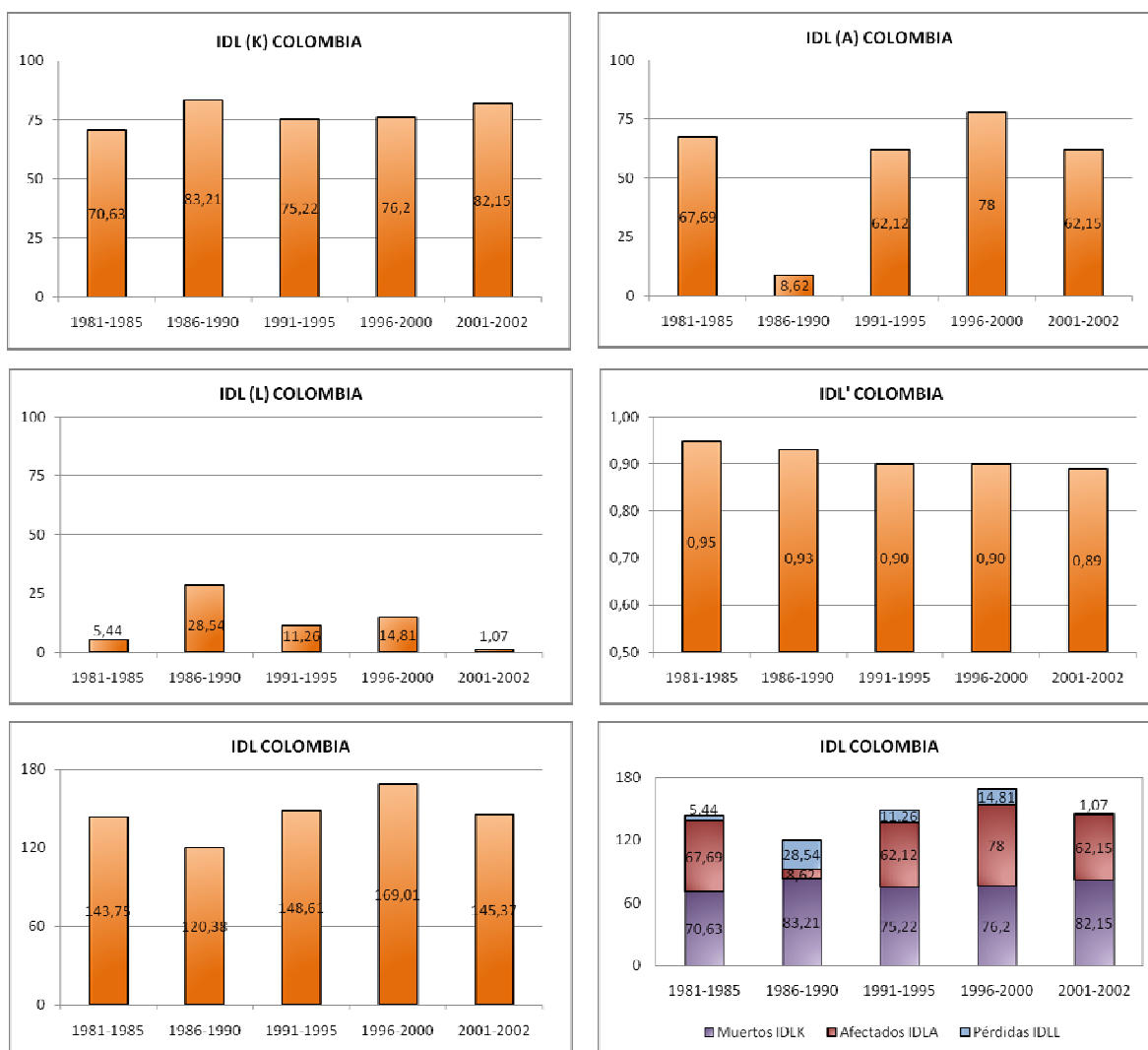
**Fuente:** Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales, Banco Interamericano de Desarrollo. Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión de Riesgos, 2005.

**Tabla 2.13. Nuevo IDL para muertos (K), afectados (A) y pérdidas (L) sin outliers.**

	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2002
<b>IDL<sub>K</sub></b>	70,63	83,21	75,22	76,20	82,15
<b>IDL<sub>A</sub></b>	67,69	8,62	62,12	78,00	62,15
<b>IDL<sub>L</sub></b>	5,44	28,54	11,26	14,81	1,07
<b>IDL</b>	<b>143,75</b>	<b>120,38</b>	<b>148,61</b>	<b>169,01</b>	<b>145,37</b>
<b>IDL'</b>	0,95	0,93	0,90	0,90	0,89

**Fuente:** basado en *DesInventar* sin outliers

<sup>18</sup> Datos disponibles actualmente en la base de datos de *DesInventar*.



Fuente: DesInventar sin outliers

Figura 2.5. Nuevo IDL para muertos (K), afectados (A) y pérdidas (L).

La Figura 2.5 muestra las gráficas de los valores del IDL de acuerdo con el tipo de efectos en los diferentes periodos. La gráfica del  $IDL_K$  muestra que los periodos entre 1986-1990 y 2001-2002 presentan valores más altos lo que describe una mayor incidencia y regularidad de personas muertas. A pesar de que en los otros periodos los valores del  $IDL_K$  son menores, estos son muy similares. En todos los casos el  $IDL_K$  es muy alto si tenemos en cuenta que el valor máximo es 100. Por otra parte, el  $IDL_A$  tiene valores que representan una concentración moderada de personas afectadas con excepción del periodo de 1986-1990. El periodo 1996-2000 presenta el valor más alto que significa que el número de personas afectadas fue muy similar en los eventos reportados. El valor del periodo 1986-1990 describe que los afectados estuvieron más concentrados en pocos municipios aunque el número de afectados para este año fue mayor (ver Tabla 2.15).

Las pérdidas tampoco han sido uniformes entre los municipios. Estas se han concentrado en pocos casos. El periodo 2001-2002 presenta un  $IDL_L$  menor que el valor obtenido para el periodo de 1981-1985 donde las pérdidas estuvieron

acumuladas en pocos municipios. El IDL' se propone como un indicador colateral que sirve para poner en contexto el IDL. Un IDL' de 0.95 y 0.89 significa que el 10% de los municipios del país concentran el 90% y el 78% de las pérdidas respectivamente.

Haciendo una revisión de los valores componentes, se encontró que el IDL<sub>K</sub> para el periodo comprendido entre 1986-1990 presentó una distribución uniforme principalmente debido a deslizamientos y otros eventos. Para 2001-2002 este resultado fue, en gran proporción (un poco más del 50%) debido a otros eventos, y de forma similar por deslizamientos e inundaciones. Para el IDL<sub>A</sub> el mayor porcentaje de los valores para los diferentes periodos fue debido a otros eventos, con excepción del periodo 1981-1985 donde el tipo de eventos predominante fueron las inundaciones y tormentas. Para el IDL<sub>L</sub>, las inundaciones fueron los eventos que dominaron este subíndice. En general, como se puede ver en el IDL total, los desastres menores han causado un crecimiento en la incidencia y uniformidad de los efectos entre los municipios del país en el periodo evaluado. Las Tablas 2.14 y 2.15 muestran el número de muertos, afectados y pérdidas para los diferentes periodos con todos los registros y después de eliminar los valores extremos respectivamente. También, en el número de afectados, como se mencionó anteriormente, los registros utilizados son los relacionados con heridos, dado que los otros datos (afectados y damnificados en la base de datos) no son muy confiables. En el periodo 2001-2002, aunque es menor que los periodos previos (5 años), las pérdidas sobre el territorio son notables comparadas con los años anteriores. Como se puede ver, por ejemplo, el total de pérdidas para los últimos dos años es mayor que para el periodo 1981-1985 y cerca de la cifra del periodo 1986-1990. Esto ilustra que los desastres menores son recurrentes y que sus efectos están aumentando con el tiempo. Este es un *proxy* del riesgo, el cual está aumentando y su influencia negativa en el desarrollo local de los municipios es significativa.

**Tabla 2.14. Total de muertos, afectados y pérdidas con todos los registros.**

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales,

	81-85	86-90	91-95	96-00
<b>Total muertos</b>	25,390	1,864	1,626	2,540
<b>Total afectados</b>	1,876,213	1,300,795	1,676,522	4,573,352
<b>Total pérdidas (millones de dólares)</b>	384.98	200.83	417.85	985.09

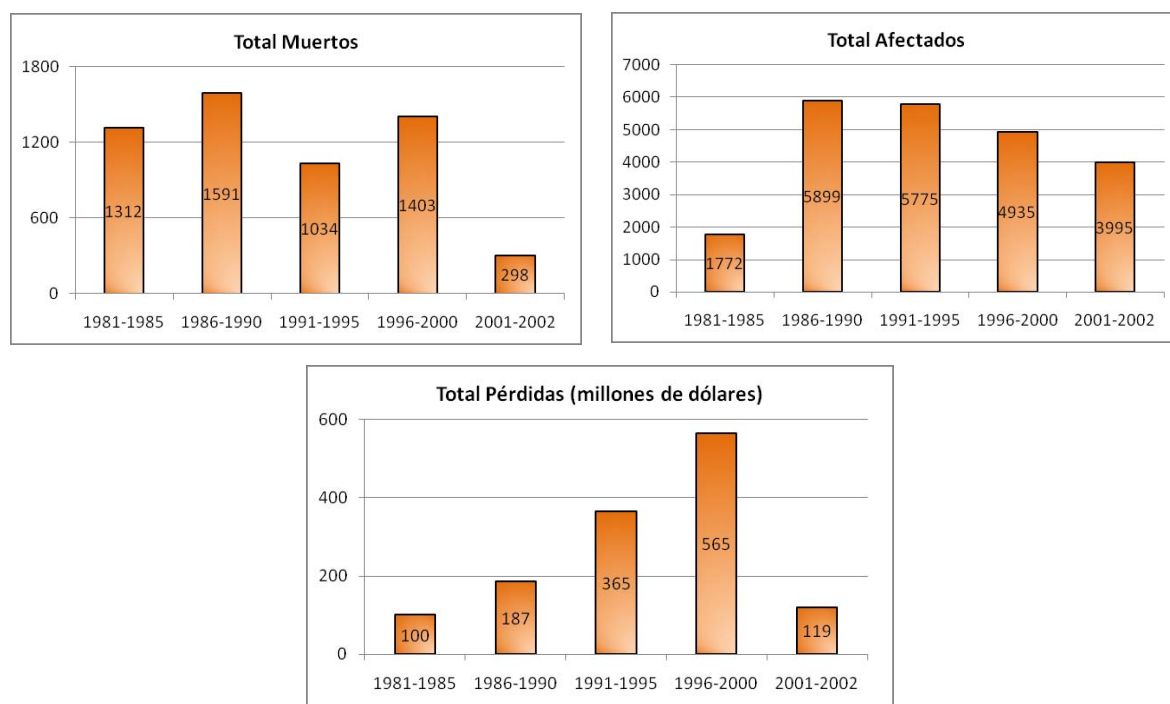
Banco Interamericano de Desarrollo. Indicadores de Riesgo de Desastres y Gestión de Riesgos. 2005.

**Tabla 2.15. Total de muertos, afectados y pérdidas sin outliers.**

	81-85	86-90	91-95	96-00	2001-2002
<b>Total muertos</b>	1,312	1,591	1,034	1,403	298
<b>Total afectados</b>	1,772	5,899	5,775	4,935	3,995
<b>Total pérdidas (millones de dólares)</b>	100.11	187.12	364.6	565.09	118.60

Fuente: *DesInventar* sin outliers

La Figura 2.6 ilustra los valores para mostrar las posibles tendencias de las cifras. El número de muertos es similar para todos los años, en cuanto al número de personas afectadas se ha presentado un decrecimiento en el tiempo pero las pérdidas presentan un notable crecimiento con el tiempo.



**Figura 2.6. Total de muertos, afectados y pérdidas.**

Se debe tener en cuenta que con base en estas variables de los diferentes eventos, se ha construido el IDL, sin embargo es importante indicar que el IDL es una medida que combina la persistencia de los efectos y la regularidad de su incidencia a nivel territorial y, por lo tanto, para determinar el IDL, las cifras han sido normalizadas por el área de los municipios. Las cifras han sido obtenidas con base en el número de municipios donde efectos han sido registrados.

De lo anterior se concluye que se han detectado resultados interesantes y notables implicaciones para el desarrollo socio-económico, considerando tanto la dispersión como la persistencia de los efectos a nivel local. El Índice de Efectos Locales (antiguo IDL del IDEA para el BID) o el nuevo Índice de Desastres Locales propuesto por Marulanda y Cardona (2006) como una alternativa con una sutil variación, revela y mide la susceptibilidad del país a desastres recurrentes de escala menor. Ellos ilustran que el impacto acumulado puede ser significativamente alto a nivel local y, consecuentemente, a nivel nacional desde el punto de vista social. Este índice intenta ilustrar como la frecuencia de los desastres pequeños o moderados conlleva e incrementa las dificultades para el desarrollo local. Estos eventos, contrario a los desastres extremos y extraordinarios, frecuentemente no son visibles a nivel nacional y sus efectos no son relevantes desde el punto de vista macroeconómico. Los pequeños desastres usualmente afectan la vida de las personas pobres, perpetuando su nivel de pobreza y de inseguridad humana. Por lo tanto, los

desastres pequeños y frecuentes no permiten la sostenibilidad del desarrollo humano local.

#### **2.2.4 ¿Desastres menores?**

Los resultados del análisis de la información contenida en la base de datos de DesInventar han permitido mostrar la influencia de los desastres menores que diariamente han afectado al país a lo largo de 32 años. Aunque la información disponible no es perfecta y no permite responder todas las preguntas que pueden surgir acerca de los procesos de construcción del riesgo en el país, esto es un indicativo de las situaciones que merecen una mayor atención y análisis. Es decir, este estudio no solo ha sido útil por los resultados obtenidos, sino también para la identificación de importantes elementos en los que es necesario profundizar.

La experiencia de aplicación del DesInventar para otros países de Latinoamérica y el Caribe a lo largo de estos últimos años ha dado resultados muy positivos ya que permite construir una visión general amplia del tipo de eventos que aparecen con mayor frecuencia en estos países. Sin embargo, es importante enfatizar que los estudios realizados para Colombia (y algunos años antes para República Dominicana) representan, hasta hoy, el esfuerzo más completo de aplicación de esta herramienta y el más profundo análisis que se ha hecho, ya que no solo ha permitido hacer una descripción del tipo de eventos frecuentes que afectan el país sino también establecer el origen de las causas en algunos casos. Por un lado, este estudio ha permitido aproximarse a la identificación de efectos, las zonas de atención de mayor prioridad, y fundamentalmente el impacto que los pequeños desastres han causado en la economía de sectores específicos e incluso a nivel nacional.

Dentro de los resultados en donde se debe enfatizar, se encuentra la desmitificación de que los eventos extremos son los que determinan la historia de desastres en el país. Hasta ahora, en Colombia, esta historia ha estado dominada por desastres como los causados por el terremoto de Popayán en 1983, la erupción volcánica del Nevado del Ruiz en 1985, el terremoto de Tierradentro (Páez) en 1994 y el terremoto de Quindío en 1999. Sin embargo y sin restar importancia a los efectos que estos fenómenos han tenido sobre la población y la economía del país, ha sido posible ver que cada año un importante número de eventos aparecen, que a pesar de no ser espectaculares de forma individual en términos de daños y pérdidas, este tipo de eventos afectan a la población y a los diversos sectores económicos como resultado de la frecuencia y acumulación de impactos a través del tiempo.

Así mismo, la consideración de eventos de pequeña o moderada magnitud, el análisis de su ocurrencia a lo largo de 32 años y la determinación de su localización territorial (municipios) han permitido conocer zonas del país que históricamente han presentado los mayores niveles de riesgo, pero principalmente las zonas que en los últimos años podrían estar incrementando sus niveles de vulnerabilidad y contribuyendo a la creación de nuevas amenazas o agravando las amenazas ya existentes con la presencia de procesos sociales y económicos inadecuados.

El antiguo IDL del IDEA para el BID o el nuevo propuesto como una alternativa con una variación menor en su tratamiento analítico, revelan y miden la susceptibilidad del país a desastres recurrentes de escala menor. Ambos indicadores ilustran que el impacto acumulado puede ser significativamente alto a nivel local y, consecuentemente, a nivel nacional desde el punto de vista social. Estos indicadores de riesgo intentan ilustrar como la frecuencia de los desastres pequeños o moderados conlleva e incrementa las dificultades para el desarrollo local. Los desastres menores o moderados, contrario a los desastres extremos y extraordinarios, frecuentemente no son visibles a nivel nacional y sus efectos no son relevantes desde el punto de vista de su impacto económico directo. No obstante, estos eventos usualmente afectan la vida de las personas pobres, impidiendo el poder superarla. Por lo tanto, los desastres menores y frecuentes no permiten que se pueda lograr la sostenibilidad del desarrollo humano local. Los análisis previos son fundamentales para la definición de criterios que ayuden a la toma de decisiones en problemas no solo de gestión de riesgos sino también de ordenamiento territorial, determinación de usos del suelo, protección ambiental, diseño de desarrollo social y sectorial y estrategias de transferencia del riesgo.

### **3. INSTRUMENTOS DE TRANSFERENCIA Y RETENCIÓN DE RIESGOS**

Como se ha mostrado en la primera sección del documento, existen diferentes mecanismos o instrumentos financieros que pueden explorarse como estrategia o alternativas más eficientes de protección financiera para cubrir los riesgos del Estado, teniendo en cuenta el rol de los gobiernos nacionales y subnacionales. En esta sección se hace una descripción más detallada de la industria de seguros y reaseguros, su funcionamiento, su capacidad para cubrir riesgo de desastre y sus eventuales limitaciones; por otro lado presentar los instrumentos que el mercado de capitales ha desarrollado recientemente, como complemento a la industria de seguros, para distribuir el riesgo de grandes pérdidas por desastres vía diversificación. También se hace referencia a la retención consciente del riesgo y sobre la importancia de la mitigación o reducción del riesgo físico, dada su relevancia en este contexto; aunque la transferencia del riesgo es una medida ex ante que permite pre-asignar recursos para los pasivos contingentes del Estado, en sí misma no es una medida de mitigación dado que no reduce el daño físico potencial.

#### **3.1 TRANSFERENCIA DEL RIESGO FINANCIERO**

Uno de los hechos más sobresalientes de los últimos años es la constatación de una tendencia de largo plazo al incremento del número de desastres naturales o sociales en los países en desarrollo. A ello se suma una mayor vulnerabilidad de las sociedades a eventos de gran magnitud como terremotos e inundaciones, lo que ha incrementado las pérdidas esperadas tanto en vidas humana como en capital físico. El acelerado proceso de urbanización y el crecimiento de la pobreza han desbordado los esquemas convencionales de asistencia y protección social tradicionales, dejando sin posibilidades de reacción a amplios sectores de la población.

Si bien se han implementado cambios institucionales que han introducido esquemas modernos para enfrentar los desastres, persisten los problemas de organización y asignación de recursos a las actividades de prevención y mitigación de riesgos. Paralelamente, los mercados financieros se han globalizado, permitiendo que los nacionales puedan tener acceso a recursos externos y derivados financieros que podrían reducir la exposición de la población y de los patrimonios familiares ante los fenómenos naturales. En consecuencia, se requiere que los países promuevan y utilicen los mecanismos de cobertura desarrollados en los mercados de capitales para transferir el riesgo, minimizando de esta manera las pérdidas privadas y la exposición fiscal del Estado. La asistencia humanitaria es insuficiente y no resuelve los problemas, los gobiernos no pueden sustentar sus políticas en lo que se ha llamado el síndrome de la primera dama (Wilches, 2000). En verdad, la experiencia mundial muestra que el aseguramiento frente a los desastres naturales tiene dos grandes ventajas: estimula la prevención orientada por las empresas aseguradoras y garantiza financiamiento y eficiencia en las actividades de reconstrucción post-desastre.

Los desastres extremos están caracterizados por la ocurrencia de fenómenos de baja frecuencia y alta severidad, además de la dificultad para predecir el momento y el lugar de su ocurrencia. Por sus características, las pérdidas que estos eventos generan pueden causar problemas de solvencia en el mercado de seguros, aumentar los precios de las primas y reducir la oferta de seguros y reaseguros disponibles, generando así grandes distorsiones que reducen la eficiencia en el funcionamiento del mercado. El mercado de capitales ha dado respuesta a este problema desarrollando instrumentos financieros (complementarios a la industria de seguros) que permiten transferir y financiar el riesgo financiero que representan, para las compañías de seguros y reaseguros, las pérdidas que se pueden sufrir por la ocurrencia de un desastre (el riesgo de desastre en términos económicos). De esta manera, se presenta aquí un estudio sobre los mecanismos financieros disponibles en los mercados de seguros, reaseguros y capitales que pueden ser alternativas para financiar y transferir por parte del Estado las posibles pérdidas generadas por desastres extremos. Específicamente, se pretende definir el funcionamiento y estructuración de cada uno de estos instrumentos, contextualizar su actual posición en los mercados mencionados y, en una fase posterior, con las estimaciones de la exposición fiscal de Estado de acuerdo con las responsabilidades que debe asumir en caso de desastre y los escenarios de riesgo considerados como referentes, analizar su viabilidad técnica y jurídica, fiscal y presupuestaria, sus costos y posibles procesos de desembolso.

### **3.1.1 Industria de seguros y reaseguros**

Esta figura financiera permite transferir el riesgo (entendido en este caso como el potencial de la pérdida económica) a una compañía de seguros. Usualmente, los seguros se basan en la ley de los grandes números (eventos asegurados son vistos como independientes entre sí; la probabilidad de ocurrencia de muchos en forma simultánea es baja). Sin embargo, para los seguros de desastre como las causadas por terremotos o huracanes la situación puede ser diferente, pues la pérdida puede ocurrir



a muchas propiedades en un área grande en forma simultánea. En estos casos, se dice que las pérdidas están correlacionadas. A menor correlación es menor la pérdida o el riesgo para una compañía de seguros particular.

El seguro es un producto que se orienta hacia un mercado; tiene un valor para el cliente y tiene un precio (o prima). Pero el negocio de los seguros tiene una característica que lo distingue de la mayoría de los demás productos para los consumidores: el costo del producto para el asegurador es determinado sólo después de que el producto es vendido. Su costo depende de las reclamaciones pagadas durante el período de la vigencia de la póliza, por lo tanto las pérdidas esperadas y otros costos deben ser estimados con anterioridad. Estas estimaciones son el trabajo de los actuarios, quienes de la misma manera deben proyectar los pagos de los seguros. El seguro de los desastres, por su parte, representa un desafío mayor para los actuarios porque el pasado no necesariamente puede ser usado para proyectar el futuro en estos casos. Los actuarios están teniendo que confiar cada vez más en el conocimiento científico y la ingeniería cuando tratan de cuantificar la probabilidad de eventos de baja frecuencia y alta severidad y sus efectos sobre elementos expuestos.

Las pólizas de seguros incluyen una forma de deducible, que significa que la parte asegurada debe cubrir la primera porción de la pérdida. Esto significa que la compañía de seguros sólo es responsable de daño a la propiedad cuando el monto excede el porcentaje de pérdida establecida en el deducible y hasta una cantidad máxima también especificada previamente de cobertura límite. Para reducir la magnitud de las pérdidas la compañía recurre a altos deducibles o a figuras de coaseguro, donde el asegurador paga una fracción de cualquier pérdida que se presente, lo que produce un efecto similar al deducible. Los aseguradores usan la industria del reaseguro para transferir a su vez y manejar sus propios riesgos. Por lo tanto, para cubrir el exceso de pérdida usualmente los aseguradores recurren a los reaseguradores bajo contratos de cobertura a partir de una cantidad acordada que puede, además, tener igualmente un límite o se comparte la pérdida a partir de cierta cantidad en forma proporcional según se determine previamente. Las compañías de reaseguros suscriben pólizas de diferentes partes del mundo y así se distribuye el riesgo geográficamente.

Cuando existe alta ambigüedad del riesgo, es decir cuando hay una alta incertidumbre en relación con la probabilidad de ocurrencia de una pérdida específica y su magnitud, el valor de la prima será mayor. Los actuarios y suscriptores manifiestan aversión a la ambigüedad al definir un valor mayor de las primas cuando se percibe que el riesgo no está bien especificado. Cuando no se puede distinguir entre la probabilidad de pérdida para categorías de riesgos buenos y malos se presenta una selección adversa. Esto se presenta cuando el asegurador asigna la misma prima a toda la población de propiedades, lo que puede inducir que solo propietarios de riesgos malos compren el seguro.

Ahora bien, si sólo se compran coberturas para riesgos malos el asegurador podrá sufrir una pérdida importante en cada póliza que venda, razón por lo cual es recomendable la diferenciación de la prima entre riesgos buenos y malos. Esto se debe hacer para evitar que los propietarios de riesgos buenos manifiesten aversión y no se muestren interesados en pagar su cobertura por considerarla muy alta. Aunque existen varios enfoques para enfrentar este tipo de situación el más adecuado, de acuerdo con el estado del conocimiento, es contar con una auditoria idónea o un examen profesional que determine la naturaleza del riesgo con mayor precisión. Sin embargo, el costo de este estudio puede significar un aumento en la prima a menos que el tomador de la póliza pague por dicha auditoria. Este problema de la selección adversa se presenta, obviamente, sólo cuando las personas tienen mejor información de la probabilidad de pérdida que el vendedor de la cobertura. Sí no se tiene mejor información ambos lados están fundamentados en lo mismo y se puede tener un solo valor de prima *blanket* basada en el riesgo promedio. En este caso tanto los propietarios de riesgos buenos como malos podrían igualmente estar interesados en comprar las pólizas. En los últimos años el mayor entendimiento por parte del público sobre la vulnerabilidad de los edificios y el papel de los códigos de construcción ha hecho que con frecuencia los propietarios cuestionen a las compañías de seguros que no establecen la diferencia entre un edificio construido con normas o reforzado y otro que no cumple con estas características.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es el riesgo moral. Se refiere a un incremento de la probabilidad de la pérdida por el comportamiento del tomador de la póliza. Asunto que es muy difícil de monitorear o controlar. Una de las formas para enfrentar esta situación es la introducción de deducibles y coaseguros que estimulen o incentiven el comportamiento cuidadoso después de adquirir la cobertura. Estos aspectos sumados a la correlación o simultaneidad de pérdidas causadas por el mismo evento, usualmente se traducen en un aumento del valor de las primas, lo que ha incidido en muchos casos a que haya una muy baja demanda de cobertura. Las compañías de seguros, en consecuencia, en muchos casos no han encontrado factible ofrecer las coberturas y se ha llegado a la conclusión que los riesgos en consideración no son asegurables porque no permiten un desarrollo normal del producto.

Las compañías de seguros necesitan respuestas a preguntas como las siguientes:

- ¿Cuál es la pérdida anual esperada? Con base a esta estimación se puede definir cuánto debe ser el valor de la prima de la póliza; es decir identificar qué hace que haya una diferencia en la determinación de la prima a cobrar.
- ¿Cómo puede la compañía ajustar la prima para diferentes condiciones de sitio, tipo de edificio y calidad de la construcción? Cada edificio es diferente por su estructura y condiciones particulares, algunos están fundados en roca y otros en suelos blandos. Debido a estas circunstancias la pérdida anual esperada para cada uno puede ser diferente.

La pérdida anual esperada o Prima Pura de Riesgo es el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera. Esta es la cantidad anual que debería pagar para lograr, a largo plazo, un equilibrio entre primas pagadas y siniestros cobrados. Un ejemplo hipotético se ilustra en la Figura 3.1. Con un prima de 0.15 al millar se cubren a largo plazo todas las pérdidas futuras.

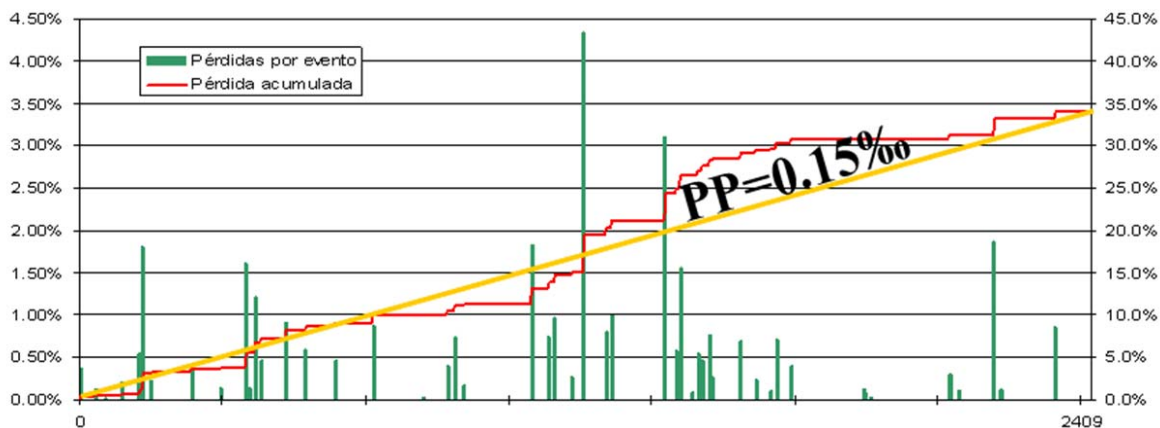


Figura 3.1. Pérdidas por eventos pequeños y grandes en un prolongado lapso de tiempo.

Por otra parte, para el portafolio de cada compañía es necesario determinar cuál es la probabilidad de la máxima pérdida en un lapso definido en años. Esta estimación, conocida como la Pérdida Máxima Probable PMP (*Probable Maximum Loss PML*) para lo cual no hay un estándar (200, 500, 1000 o más años de período de retorno) es una información fundamental para las compañías y los reguladores, con el fin de garantizar la solvencia y saber por lo tanto si se requiere de fondos adicionales a los disponibles para atender el excedente de pérdidas que se presente.

Los gobiernos en general han ejercido una presión importante para mantener la disponibilidad de seguro de desastres a un precio al alcance de los propietarios de vivienda y al mismo tiempo los aseguradores desean incrementar sus precios para este tipo de cobertura con el fin de reducir su riesgo y mantenerse rentable y solvente en caso de un evento mayor. Este conflicto ha creado una tensión importante entre reguladores de la industria y los aseguradores en lugares donde el riesgo es alto. Este ha sido uno de los factores que ha estimulado el establecimiento de mecanismos de seguros y reaseguros complementarios.

A menudo se dice que la compra del seguro debería ser obligatoria para distribuir el riesgo y hacer los desastres asegurables. Sin embargo algunos críticos señalan que si el objetivo de la política es hacer que los propietarios de edificaciones de bajo riesgo subsidien a los propietarios de edificios de alto riesgo entonces, más bien, se debería imponer un gravamen (impuesto) obligatorio. Ahora bien, no es claro porque debe venderse un seguro para cubrir edificios viejos, dado que las pólizas usualmente tienen una cobertura para la reposición del edificio destruido, que tendría que ser nuevo y cuyo valor en esos casos sería ampliamente mayor que el de un edificio viejo. Otro argumento en contra del seguro obligatorio es que las estrategias para aumentar la asegurabilidad no podrían ser posibles puesto que el asegurador no

tendría la oportunidad de seleccionar los riesgos y controlar la PMP. No obstante, algunos países ven con interés el promover seguros obligatorios, al menos hasta un valor máximo predefinido. Es el caso de Turquía donde después de los terremotos de 1999 creó el *Turkish Catastrophe Insurance Pool*. Debido a lo anterior, una de las propuestas planteada en algunos países es que los gobiernos nacionales ofrezcan seguro de desastres, así no sea obligatorio. Esta propuesta se ha planteado debido a que la industria de seguros se muestra renuente a ofrecer cobertura debido a su alta posibilidad de perder. Además se ha planteado que programas gubernamentales podrían acumular primas y ganancias de inversiones libres de impuestos y por lo tanto se acumularían fondos con una tasa mucho mayor que los aseguradores. También se ha argumentado que un programa de este tipo podría reducir la pesada situación que para el gobierno representan la ayuda post-desastre en los préstamos y subvenciones. Uno de los puntos más importantes es la posibilidad de impulsar la mitigación para reducir el daño potencial y poder asociarla con un programa de seguros de carácter gubernamental. Sin embargo, aunque parecen argumentos muy razonables estos planteamientos también entran en conflicto con algunos principios sociológicos, económicos y actuariales: la “veracidad” de estos programas de gobierno (el costo de oportunidad de los fondos), los beneficios esperables de un mercado competitivo de seguros (i.e. eficiencia y competencia de tasas) y la ausencia de la posibilidad de selección del consumidor (la habilidad de decidir la compra de la cobertura). Sencillamente, este tipo de controversia conduce a preguntarse en términos políticos ¿qué puede hacer mejor el gobierno y qué pueden hacer mejor los aseguradores privados?, no sin dejar también de preguntarse ¿cuál es la orientación más adecuada del gasto de los escasos recursos del gobierno entre todas las demandas y compromisos sociales que compiten por los presupuestos públicos?

El seguro en sí mismo no es considerado como una medida de mitigación porque, más bien redistribuye la pérdida en lugar de reducirla. Un programa de seguros cuidadosamente diseñado puede, sin embargo, estimular la adopción de medidas de mitigación, asignando un precio al riesgo y creando incentivos financieros a través de descuentos aplicables a las tasas de las primas, deducibles más bajos y/o límites de cobertura más altos, condicionados a la implementación de dichas medidas de reducción del riesgo.

El *pool* o la mutualidad, es una figura en la que, al igual que las compañías aseguradoras, se obtiene un seguro u operación mediante la cual una cantidad de interesados amenazados por riesgos análogos se organizan para poder indemnizar a los que sufren un siniestro gracias a las primas recaudadas, pero el asegurado en este caso, al firmar la póliza, adquiere la doble cualidad de asegurado y mutualista, con los deberes y derechos de todos los asociados. Este tipo de figura se ha utilizado por corporaciones y recientemente por municipios a nivel gubernamental en algunos países. De lo anterior se concluye que no obstante que no son la panacea, aseguradores y reaseguradores juegan un papel esencial en compartir el riesgo de las propiedades individuales en caso de desastres a través de los principios de diversificación de los portafolios.

En adición al seguro de activos específicos un país que tenga un adecuado sistema o programa integral de gestión de riesgos posiblemente estará en mejor posición para negociar una cobertura contingente para el caso de eventos extremos. Los países pueden lograr esto mediante *pooling*, conformando grupos de retención, y/o tomando reaseguros con primas más favorables con altos deducibles, dados sus logros obtenidos en prevención (lo que se describe más adelante como el papel de la mitigación). Los instrumentos de seguros disponibles pueden ayudar a los países a manejar sus riesgos de una manera más eficiente y efectiva. Es decir, que en caso de que un país no compre seguros podría de todas maneras con la misma industria conseguir la disponibilidad de un fondo contingente para cubrir pérdidas inesperadamente altas, siempre y cuando disponga de un buen plan de gestión de riesgos que promueva la prevención y mitigación.

### ***El papel del reaseguro y sus modalidades***

El asegurador utiliza el reaseguro para limitar las fluctuaciones temporales en los siniestros frente a los que es responsable y para protegerse contra la insolvencia en caso de un desastre. Existen diferentes tipos de reaseguro que son importantes para efectos de encontrar los mejores esquemas de transferencia a través de este mecanismo.

*Reaseguro proporcional:* En este tipo de reaseguro las primas y siniestros se reparten entre el asegurador directo y el reasegurado en una relación fija. Estos reaseguros pueden ser de *cuota-parte* o de *excedente* de sumas.

- *Reaseguro de cuota parte:* En este contrato el reasegurador asume una cuota fija de todas las pólizas que el asegurador ha suscrito en un ramo determinado. Dicha cuota determina la manera como el asegurador directo y el reasegurador se dividen las primas y los siniestros. Por su sencillez, esta forma del reaseguro es fácil de manejar y suele ahorrar costos. Sin embargo tiene el defecto de que no permite recoger suficientemente bien el riesgo de las pérdidas más cuantiosas, por lo que genera un portafolio de riesgo poco homogénea.
- *Reaseguro de excedente de sumas:* En este tipo de reaseguros el asegurador directo retiene la totalidad del riesgo hasta un límite máximo de la cuantía asegurada. A partir de ese límite el reasegurador asume el resto de la cuantía asegurada. Las obligaciones del reasegurador se limitan a pérdidas no mayores a un múltiplo definido del límite máximo. De la repartición entre retención y cesión al reaseguro resulta una proporción del riesgo asegurado que determina la manera en que se dividen las primas y las pérdidas.

*Reaseguro no proporcional:* En este tipo de seguro los siniestros se reparten de acuerdo con las pérdidas que se dan efectivamente. El asegurador directo define una cuantía específica hasta la cual responde por la totalidad de las pérdidas. Esta cuantía es conocida como prioridad o deducible. Cuando las pérdidas superan dicha prioridad el reasegurador debe responder por el pago del resto de estas hasta el

respectivo límite de cobertura convenido. Contrario al caso proporcional, el reasegurador debe calcular el precio del reaseguro con base en información estadística y la distribución de probabilidad de las amenazas. Entre los tipos de reaseguro no proporcional se encuentran los reaseguros por exceso de pérdida:

- *Reaseguro por exceso de pérdida (XL)*: Este es el tipo de reaseguro más utilizado para desastres o riesgo catastrófico. En este tipo de reaseguro los importes de las pérdidas son los que determinan la proporción de cesión del riesgo. En esta modalidad de reaseguro el asegurador directo se responsabiliza completamente por la pérdida hasta la cuantía que determina la prioridad en la totalidad de las pólizas de un ramo predeterminado en el contrato, independientemente de la cuantía asegurada en estas. Las pérdidas que superan el monto establecido por la prioridad deben ser pagadas por el reasegurador. Este último solo participa en el pago de las pérdidas que superan la prioridad.

El Anexo P presentan una descripción resumida de los mecanismos de transferencia en sector asegurado/reasegurador.

### **3.1.2 El mercado internacional de seguros**

El mercado de seguros y reaseguros a nivel mundial tiende a crecer. La mayor concentración humana en las ciudades y el valor creciente del stock de capital eleva cada vez más las pérdidas ocasionadas por los desastres. En segundo lugar, los cambios climáticos generados por la contaminación ambiental hacen prever que los desastres serán más frecuentes y más intensos. Finalmente, la amenaza terrorista representa una nueva fuente de desastre que necesita de los mecanismos de transferencia del riesgo.

*Estructura del mercado:* Debido a la magnitud de las pérdidas por desastres, la poca frecuencia con que se presentan y el tamaño del área que afectan, los seguros y reaseguros contra dichos fenómenos suelen distribuir el riesgo temporalmente y no espacialmente. Esto exige que los contratos entre aseguradores primarios y reaseguradores sean de largo término. De manera que el reasegurador pueda recuperar sus pérdidas renovando el contrato en los años en los que no se presenta ninguna calamidad. El mercado internacional de seguros y reaseguros ante desastres está organizado por varios niveles que dependen de la magnitud de la pérdida. En el primer nivel se ubican los aseguradores primarios, quienes se encargan de asegurar directamente a las empresas, familias o sector público. Estas empresas tienden a retener una mayor parte del riesgo de eventos con alta probabilidad y baja cuantía de daños, y procuran reasegurarse en mayor medida frente a eventos con poca probabilidad y daños cuantiosos, como los desastres. Esto en razón de la posibilidad de insolvencia de la empresa ante las indemnizaciones correspondientes dado un desastre de grandes proporciones. En el segundo nivel se encuentran los reaseguradores. Estas compañías asumen el riesgo que los aseguradores primarios no pueden manejar. Nuevamente dependiendo de la capacidad de solvencia de la compañía reaseguradora y de la magnitud de los desastres, estas compañías buscan desprenderse del riesgo mediante contratos de reaseguramiento con otras compañías

más grandes o mediante el diseño de mecanismos financieros mediante la emisión de bonos y derivados financieros que distribuyen el riesgo en el mercado de capitales. Los niveles de capital que se manejan en el mercado mundial de seguros y reaseguros es una pequeña proporción de los que se manejan en el mercado de capitales global. El diseño de estos instrumentos ha permitido ampliar la capacidad del mercado de reaseguros, permitiendo la aparición de niveles más altos de prioridad y de límite en los contratos de exceso de pérdida, como se explica más adelante.

*Precios del mercado:* Los precios de los seguros y reaseguros a nivel mundial tienden a ser muy inestables. Después de una catástrofe de grandes proporciones las primas de seguros y de reaseguros se incrementan súbita y dramáticamente. Después de desastres como el huracán Andrew y el Katrina, el terremoto de Northridge y el atentado del 11 de septiembre de 2001, para mencionar algunos, los precios de los seguros y reaseguros se multiplicaron por un factor cercano a 3. Estos incrementos tienden a desvanecerse con el tiempo pero de manera mucho más lenta a la elevación. Este comportamiento de los precios puede estar explicado por el intento de los reaseguradores de obtener una compensación vía precios por las pérdidas en que incurren después de un desastre, dado que los contratos entre aseguradores y reaseguradores son de largo plazo. Otro factor que influye en este comportamiento cíclico de los precios es la revisión que hacen las compañías aseguradoras de los daños potenciales de un desastre. Después de dicha revisión las compañías aseguradoras pueden estar dispuestas a interrumpir el aseguramiento o a aumentar la prima necesaria para seguir con los contratos. El estudio empírico desarrollado por Kenneth A. Froot (2001) muestra que para una parte del sector reasegurador de los Estados Unidos, las primas a las que se ofrecen los contratos de exceso de pérdida son muy superiores a las pérdidas esperadas. Este estudio también muestra que los aseguradores tienden a reducir su nivel de reaseguramiento conforme aumenta la magnitud del desastre y se reduce la probabilidad de ocurrencia. Esto indica que las compañías aseguradoras, contrariamente a la teoría, suelen retener el riesgo.

### ***Imperfecciones del mercado frente a desastres***

*Restricciones a la demanda:* La demanda de aseguramiento contra desastres se ve limitada por varias restricciones. Según el documento del Banco Mundial para el manejo de desastres mediante mecanismos financieros, los esfuerzos de política deben desplazarse de la atención *ex post* del desastre y concentrarse en la reducción del daño (mitigación mediante medidas estructurales) y el aseguramiento frente a las pérdidas materiales. Parte de la atención *ex post* de un desastre ha sido la absorción por parte del Estado de gran parte de los costos de ayuda inmediata, rehabilitación y reconstrucción de las zonas devastadas. Esta forma de afrontar los desastres, desincentiva la demanda de aseguramiento contra desastres. Dado que las personas saben que una vez ocurra un desastre el Estado va a asumir los costos de los efectos, no tienen los suficientes incentivos para adquirir pólizas de seguro contra el desastre ni para tomar medidas para mitigar o reducir su vulnerabilidad. Como otra causa de las limitaciones de la demanda por seguros contra desastres se señala que la probabilidad de la ocurrencia de un evento catastrófico y de pago por parte de las

reaseguradoras es percibida como muy pequeña, por lo que las aseguradoras tienden a ignorar este pequeño riesgo, más aún cuando no se han visto expuestas al mismo. Adicionalmente, investigaciones en el campo de la psicología y la economía del comportamiento han mostrado que las personas suelen subestimar el riesgo ante las pérdidas (Kahneman y Tversky). Esto trae como consecuencia que los equivalentes de certidumbre que estarían dispuestos a pagar las personas para evitar el riesgo están por debajo de la pérdida esperada. Finalmente, en países en desarrollo, las personas más vulnerables ante desastres generalmente tienen grandes restricciones en su ingreso y no tienen acceso al mercado de seguros.

*Imperfecciones de la oferta:* Un estudio hecho por Kenneth Froot (2001) plantea una restricción de la oferta para las capas más altas de la industria reaseguradora que tiende a elevar las primas muy por encima de las pérdidas esperadas. Según el autor las causas de esta restricción están explicadas por:

- Dado que se trata de coberturas de pérdidas altas los reaseguradores enfrentan dificultades para obtener liquidez externa en los mercados de capitales para alcanzar a ofrecer esos niveles de protección, lo que encarece el aumentar su capacidad.
- Algunos reaseguradores pueden tener poder de mercado para cubrir capas altas de pérdidas y están interesados en mantener barreras a la entrada a quienes deseen ese tipo de coberturas.
- La organización corporativa de los reaseguradores es ineficiente. Los gerentes de las compañías pueden estar buscando objetivos distintos a la maximización de los beneficios de los asociados.
- Los costos friccionales del reaseguramiento son altos debido su iliquidez como instrumentos financieros. La negociación de contratos de aseguramiento acarrea altos costos de transacción y de manejo, y
- la existencia de problemas de riesgo moral y selección adversa; es decir la incertidumbre de evaluación acertada de las pérdidas en las capas altas por imprecisión en los modelos y en la información disponible.

### ***Limitaciones del mecanismo de aseguramiento***

Una desventaja de recurrir al sistema de seguros de desastres es que el gobierno y los particulares se exponen a las fluctuaciones de los precios en este mercado. Estos suelen tener un comportamiento cíclico que tiende al aumento súbito una vez se presenta un desastre y a un lento descenso durante los años posteriores.

Adicionalmente, el aseguramiento por exceso de pérdida donde la prioridad y el límite del contrato están determinados por el monto de las pérdidas que se le presenten al asegurado puede generar problemas de riesgo moral y selección adversa. Como se indicó, el problema de riesgo moral se manifiesta una vez firmado el contrato en el desinterés del asegurado en implementar medidas de mitigación que tiendan a reducir el monto de sus pérdidas. El problema de selección adversa se manifiesta antes de firmar el contrato en la asimetría de información entre asegurador y asegurado. Este último puede ocultar información sobre un riesgo no conocido por



el asegurador. Los asegurados más expuestos y que ocultan una mayor cantidad de riesgo, estarán dispuestos a pagar primas más altas, por lo que si existen restricciones en la oferta de aseguramiento, serán los agentes más expuestos al riesgo los que estarán cobijados por el seguro.

Para evitar estos problemas se pueden implementar contratos por exceso de pérdida en los que la prioridad y el límite estén determinados por un índice o un parámetro objetivo sobre el comportamiento de los fenómenos de la naturaleza. Sin embargo, estas alternativas exponen al asegurador a un fenómeno conocido como riesgo base. El riesgo base está determinado por el peligro que implica para el asegurador la influencia de factores externos a los desastres sobre la base (índice o parámetro) en la que está estipulado el contrato de exceso de pérdida. Por ejemplo, la quiebra por malos manejos de una gran compañía de seguros puede afectar ostensiblemente el índice de pérdidas del mercado sin que necesariamente haya ocurrido un desastre.

Otro riesgo que se corre al recurrir al mercado de seguros y de reaseguros para transferir los peligros de pérdidas económicas por desastres naturales es el riesgo de contraparte. Este riesgo está representado en el peligro de que el asegurador quede insolvente ante un desastre y no pueda atender los reclamos del asegurado. Las compañías reaseguradoras que atienden las capas más altas del mercado han recurrido al mecanismo de los bonos de catástrofe para contrarrestar dicho riesgo.

### **3.2 TRANSFERENCIA Y FINANCIACIÓN EN EL MERCADO DE CAPITALES**

El mercado de capitales tiene un nuevo rol emergente en la transferencia de riesgos catastróficos. Una característica básica de economías más sólidas es un sistema de mercado de capitales bien desarrollado. Estos sistemas localizan ahorros y capital de inversión en varios sectores económicos con la localización de reglas basadas en el riesgo y el rendimiento. En la práctica, el riesgo financiero es empaquetado y transferido a inversionistas a través de instrumentos financieros, también a través de fondos propios, (tales como acciones comunes) *stocks* o derivados (opciones de valores, tasas de interés futuras, comercio exterior, contratos de mercancías futuras). La posibilidad, entonces, de transferir el riesgo de los sectores que lo soportan (propietarios para decirlo de manera amplia) a los mercados de capitales también existe y cada vez es más utilizada.

Como se mencionó, la carencia de un nivel de capital, en el sector de seguros y reaseguros tanto local como internacional, suficiente para respaldar la financiación requerida por un desastre, genera, en países propensos a este tipo de riesgo, escasez de oferta de reaseguros, aumentos desproporcionados en las primas de seguros y reaseguros y en general una gran distorsión en el funcionamiento correcto de los mercados. En algunas ocasiones, según la magnitud del desastre, los mercados de capitales locales no son capaces de absorber la demanda de recursos y de liquidez que este tipo de desastres requieren. Aun los mercados de seguros globales han tenido épocas en las que un leve aumento en la frecuencia de los desastres los ha

llevado a muy bajos niveles de capital y solvencia. Finalmente, los gobiernos locales tampoco tienen capacidad de financiar las pérdidas por este tipo de desastres, debido a capacidades fiscales limitadas.

Aún en casos en donde se asegura gran parte de las propiedades privadas, en la mayoría de los casos los activos del gobierno, al igual que la infraestructura, están completamente desprotegidos; esto sin tener en cuenta la responsabilidad que recae sobre el gobierno en cuanto a aquella población que por condiciones de pobreza o escasez de recursos, a pesar de la disponibilidad de seguros en el mercado, no los pueden adquirir y por lo tanto también se encuentran desprotegidos. Tradicionalmente, para la cobertura del riesgo de desastre, se ha optado por la búsqueda de recursos, por parte del gobierno, para la reconstrucción luego de la ocurrencia del desastre; recursos que en la mayoría de los casos han provenido de líneas de crédito con bancos y otras fuentes de capital disponibles en el mercado. Sin embargo, la carga financiera que este tipo de mecanismos generan para los agentes involucrados en el contrato de aseguramiento y la incapacidad de este tipo de mecanismos de financiamiento para financiar grandes desastres, han llevado a la búsqueda de fuentes de cobertura de riesgo y de financiamiento capaces de cubrir este tipo de pérdidas.

En este contexto, el mercado de capitales global ha surgido como alternativa de financiamiento y transferencia de riesgo. Se estima que este mercado tiene actualmente un valor cercano a los US\$ 30 trillones, de los cuales Estados Unidos representa aproximadamente la tercera parte, y que las pérdidas generadas por un desastre son de una cuantía cercana a los movimientos de precios que en un día ocurren en este mercado. De esta manera, el mercado de capitales tiene la capacidad, en términos de recursos, de financiar y absorber los riesgos financieros que un desastre puede llegar a generar (Andersen, 2002, p. 10). Aunque algunos países en desarrollo no tienen gran acceso a este tipo de mercados, instituciones multilaterales pueden facilitar esta entrada por medio de la creación de créditos contingentes y la realización de acuerdos regionales que permitan diversificación regional del riesgo, entre otros.

Desde mediados de los años 90, en los principales mercados de capitales mundiales han surgido algunas innovaciones financieras que permiten manejar de una manera alternativa el riesgo financiero por desastres. Estas alternativas no son un sustituto de los mercados de seguros y reaseguros; por el contrario, son un complemento en tanto pueden ser utilizadas para transferir principalmente parte del riesgo de las empresas aseguradoras y reaseguradoras al mercado global, ya que este tiene la suficiente disponibilidad de capital para absorber los riesgos y pagos derivados de este tipo de eventos. Además, estas alternativas permiten la capitalización del sector de seguros local y global, de manera que en el mediano y largo plazo este se convierta en un sector autosostenible.

No hay una razón teórica por la cual el riesgo que corren los inversionistas en caso de desastre no pueda ser titularizado. Actualmente, las fuerzas del mercado han

acelerado la convergencia entre el seguro y los mercados de capitales, permitiendo que los emisores que tienen ambiciosos planes de crecimiento o excesiva exposición a desastres puedan ahora directamente acceder a otras fuentes de capital. Por otro lado, los inversionistas tienen la oportunidad de invertir en nuevas clases de activos que están no correlacionados con otras deudas o fondos de riesgo mientras ganan un atractivo rendimiento. El riesgo del portafolio de títulos convencionales decrece con la adición de títulos no correlacionados y las significativas mejoras en las metodologías de manejo de riesgos y técnicas de modelación pueden lograr que los inversionistas no familiarizados con el riesgo de desastre asegurado entiendan y acepten la cuantificación del riesgo.

La Tabla 3.1 resume algunos de los beneficios tanto para los emisores (vendedores) y los inversionistas (compradores) de riesgo de desastre.

*Tabla 3.1. Beneficios para vendedores y compradores de riesgo por catástrofe.*

<b>Emisor</b>	<b>Inversionista</b>
Nuevas fuentes de capital de riesgo	Valorización atractiva
Nueva capacidad de capital de riesgo	Diversificación no correlacionada
Estructuras financieras innovadoras	Estimación sofisticada del riesgo
No riesgo de crédito	Comportamiento competitivo
Precios estables	

Hay costos con la titularización. Comisiones, análisis de riesgo, colocación en compañías externas para reducción de impuestos, contabilidad y/o aspectos de regulación, costos legales y de impresión asociado. Estos costos aumentan los descuentos de la titularización y el tiempo y aprendizaje de un nuevo producto. Actualmente, la titularización es promisorio pero no la factibilidad de contar con una alternativa de bajo costo para el riesgo catastrófico que pueda obtenerse del mercado de reaseguro tradicional. Con el tiempo es razonable que se disponga de unas fuentes muy competitivas para colocar riesgo de seguro catastrófico, especialmente después de que se hayan resuelto aspectos relativos a regulaciones, contabilidad e impuestos.

Por otro lado, retomando elementos conceptuales sobre mercados de capitales, una manera de clasificar estos mercados es determinando si los títulos son “nuevos”, es decir, si el inversionista los está adquiriendo directamente del emisor, o si está siendo transado entre diferentes inversionistas. En el primer caso, el mercado para títulos nuevos se denomina mercado primario, mientras que en el segundo caso el mercado para títulos ya emitidos (o transados entre inversionistas) es el mercado secundario. El mercado secundario, además de dar liquidez al mercado, permite a los emisores del título o activo financiero determinar el grado de receptividad que los inversionistas tendrían ante nuevas emisiones de títulos. De esta manera éste último permitirá, en secciones posteriores, realizar un análisis de la demanda de instrumentos financieros. Partiendo de estos conceptos básicos, a continuación se presentan los instrumentos financieros utilizados para la financiación y transferencia de riesgo en desastres en los principales mercados de capitales.

El objetivo de esta sección es presentar aquellos instrumentos financieros que actualmente están disponibles en los principales mercados de capitales, y que pueden ser una alternativa de financiamiento ante desastres en la subregión Andina. De cada uno de estos instrumentos se dará una definición básica de su estructura, se explicará su forma general de valoración en el mercado. En general, se tienen dos tipos de instrumentos que es importante precisar: instrumentos de financiación e instrumentos de transferencia de riesgo. En los instrumentos de financiación, el emisor del título o instrumento debe devolver en algún momento al inversionista el capital que éste le facilitó a cambio del título, mientras que en los de transferencia de riesgo, el inversionista, a cambio de un retorno más alto, corre el riesgo de perder su capital.

### 3.2.1 Bonos

Se trata de activos financieros de renta fija. Como en cualquier otro bono, el inversionista compra un título de cierto valor (principal) que le será devuelto al final de cierto período (fecha de madurez del bono). A lo largo de este intervalo de tiempo, recibe cupones (flujos de efectivo a partir del interés que ofrezca el bono) con cierta periodicidad. En general, en el proceso de emisión de un Bono CAT, las dos partes (emisor e inversionista) utilizan un Vehículo de Propósito Especial (SPV por su sigla en inglés) como intermediario en el proceso de titularización de riesgo a través del bono<sup>19</sup>. Este Vehículo de Propósito Especial es una entidad legal e independiente que emite el Bono CAT, recibiendo un pago de los inversionistas que compran el título. A su vez, el SPV establece un contrato de seguros con la firma aseguradora mediante el cual ésta última se cubre en los riesgos establecidos en el bono a cambio de primas periódicas que son utilizados por el SPV para pagar los cupones al inversionista. La cantidad que recibe el SPV por la venta del bono es depositada en una Compañía de Inversión o Banco de Depósitos (*Trust*) que emiten colateralmente Títulos del Tesoro, que no tiene riesgo de crédito. Las empresas aseguradoras que buscan cubrir su riesgo por medio del bono tiene incentivos para utilizar un SPV debido a beneficios en términos impuestos y requerimientos contables que estos ofrecen, ya que generalmente se ubican en zonas que tiene menos restricciones de este tipo. Por su parte, los inversionistas utilizan el SPV para evitar el riesgo de solvencia que ocasionalmente puede enfrentar la firma aseguradora<sup>20</sup>.

Los mecanismos utilizados para determinar, en el contrato de estos bonos, la circunstancia ante la cual se debe utilizar todo o parte del principal y/o los cupones para financiar un desastre se denominan *triggers* o detonantes. Estos pueden ser de dos tipos: indemnizaciones por pérdidas o pagos a partir de índices. En el primer caso, la compensación se determina a partir de las cantidades aseguradas por parte de

---

<sup>19</sup> La titularización de activos se define como la emisión de títulos (en este caso Bonos de Catástrofe) utilizando uno o varios activos como colaterales de la emisión (Fabozzi y Modigliani, 2003). En este caso los activos que respaldan la emisión son las primas de seguros que se reciben por parte de los asegurados.

<sup>20</sup> Patricia Grossi and Howard Kunreuther (2005). *Catastrophe modeling: A new approach to managing risk*, Springer Science.

la compañía aseguradora que emite<sup>21</sup> los bonos. Aunque esta alternativa da un buen cubrimiento en pérdidas para el emisor, puede generar problemas de riesgo moral y selección adversa<sup>22</sup>. En el segundo caso, la idea básica es utilizar índices que no puedan ser influenciados por el asegurado, y que tengan una relación directa con el cubrimiento de riesgo de desastre que el bono o título está dando. Ejemplos de estos índices desarrollados en los Estados Unidos se muestran en la Tabla 3.2.

Además de estos índices, se establecen algunos contratos a partir de índices paramétricos que dan información sobre condiciones geológicas o climáticas, como por ejemplo la escala de magnitudes de Richter en el caso de terremoto en un área predefinida. A diferencia del primer caso, en este segundo caso se puede presentar riesgo de base, es decir, el riesgo de que el índice no refleje de manera adecuada las verdaderas pérdidas que la ocurrencia de un desastre ha generado.

*Tabla 3.2. Índices de Catástrofe.*

PCS (Property Claim Services)	Esta entidad publica nueve índices basados en pérdidas en California, Florida, Texas y seis regiones más. Las pérdidas están basadas en estudios sobre la industria y visitas de PCS a áreas afectadas por desastres. A diferencia del índice Guy Carpenter, el método de PCS para calcular pérdidas no es transparente.
Índice Carpenter	Este índice mide solamente daños ocurridos a propietarios de inmuebles y está basado en pagos realizados por un grupo determinado de aseguradores en cada región geográfica. El índice está basado en promedios no ponderados de proporciones pérdida/valor reportadas por los aseguradores
RMS (Risk Management Solutions)	A diferencia de los índices PCS y Guy Carpenter, este índice está basado en pérdidas estimadas por medio de modelos. Desarrollado a través de tecnologías para modelar catástrofes, este índice se enfoca en una combinación de tipo de exposición, geografía y peligros.

La emisión de instrumentos financieros como los Bonos CAT permite transferir riesgo hacia los inversionistas privados. Aunque estas innovaciones financieras tienen una historia reciente, no cabe duda que su crecimiento ha sido significativo en los últimos años, mostrando ventajas para los inversionistas y los emisores de los bonos. Para sólo citar algunas cifras, aunque en 1997 se emitieron Bonos CAT por apenas un valor de 510 millones de dólares, dicho monto prácticamente se había multiplicado por cuatro para 2005, es decir, se emitieron Bonos CAT por valor de algo más de 2000 millones de dólares. Si bien un gran porcentaje de las emisiones fueron realizadas por compañías de los Estados Unidos y Japón para coberturas de riesgos de huracanes y terremotos, también se empiezan a utilizar con mayor frecuencia por gobiernos de países en desarrollo como China, México y la provincia de Taiwan<sup>23</sup>. De especial interés fue la emisión exitosa de un Bono CAT por el

<sup>21</sup> Aunque como se mencionó anteriormente en la mayoría de casos el emisor es el SPV, este es solo un intermediario, y quien realmente solicita los recursos en este tipo de transacciones es la compañía aseguradora, razón por la cual se asume que esta es la que emite los bonos.

<sup>22</sup> El riesgo moral, en este contexto, ocurre cuando la parte asegurada descuida las medidas preventivas luego de haber establecido el contrato asegurador, y así puede llegar a reportar pérdidas excesivas. La selección adversa ocurre cuando alguna de las partes en el contrato tiene información adicional a partir de la cual obtiene términos más favorables en dicho contrato (Andersen, 2002, Lewis y Davis, 1998).

<sup>23</sup> David Hofman and Patricia Brukoff (2006). "Insuring Public Finances Against Natural Disasters. A survey of Options and Recent Initiatives", IMF Working Paper 199, August.

gobierno mexicano de US\$ 160 millones de dólares con un tasa de interés de 2 ½ puntos porcentuales por encima de la Libor. El Anexo Q describe un ejemplo de Bono CAT desarrollado en los Estados Unidos por la Swiss Re.

Es bueno recordar que los Bonos CAT presentan algunas ventajas frente a otros esquemas financieros de cobertura de riesgos aunque aún falta tiempo para lograr que se usen con mayor frecuencia. “i) En el bono catastrófico no existe riesgo de crédito, es decir, la posibilidad de que el asegurador o reasegurador no pague al gobierno no existe ya que el dinero para el pago de las pérdidas fue entregado por el inversionista al comprar el bono; ii) en caso de ocurrir el evento catastrófico el gobierno cuenta inmediatamente con fondos para hacer frente al desastre y no tiene que esperar el pago por parte del asegurador y/o reasegurador; iii) el costo para el gobierno del bono podría llegar a ser inferior a la prima de seguro si existiera alguna compañía de seguros dispuesta a asegurar los daños ocasionados por el evento catastrófico; iv) el bono catastrófico no está correlacionado con el mercado financiero por lo que es útil en la diversificación de carteras de inversión; v) la emisión del bono puede evitar grandes desajustes en el presupuesto del gobierno debido a la ocurrencia de eventos catastróficos que pudieran hacer necesario un incremento en los impuestos o un impuesto especial para financiar el gasto del gobierno en reparar los daños ocasionados por el desastre”<sup>24</sup> No obstante, como ya se ha señalado, el Bono CAT no es una alternativa para reemplazar el seguro sino en casos relativamente excepcionales en las capas o coberturas menores. El Bono CAT es sin duda de interés para capas altas y portafolios relativamente grandes, donde el costo del seguro no sería óptimo.

De acuerdo con lo anterior, los gobiernos o los aseguradores pueden convertirse en emisores de este tipo de bonos y transferir parte del riesgo que ellos aseguran al mercado. Además, los inversionistas ven este tipo de instrumentos financieros como alternativas de inversión atractivas debido no solo a que ofrecen un mayor rendimiento, sino también a otros factores, tales como la relativamente baja probabilidad de ocurrencia de un desastre, la ausencia de correlación entre el riesgo de crédito de estos bonos y los movimientos del mercado, y la posibilidad de reducir el riesgo de pérdida vía diversificación de títulos de diferentes zonas (una baja probabilidad de que dos desastres naturales ocurran al mismo tiempo en dos zonas distintas).<sup>25</sup>

### ***Anotaciones sobre factores institucionales en la emisión de Bonos CAT***

Los gobiernos subnacionales en particular están sometidos a dos tipos de restricciones financieras. La primera es la restricción presupuestal intertemporal y la segunda son los topes de endeudamiento que le imponen las normas fiscales y el poder legislativo. El endeudamiento es un instrumento esencial que permite que un

<sup>24</sup> J J Fernández Durán y M M Gregorio Domínguez (2005), “Valoración actuarial de bonos catastróficos para desastres naturales en México”, El Trimestre Económico, Vol.LXXII, No.288, octubre-diciembre.

<sup>25</sup> En algunos casos, la imposibilidad de ocurrencia de dos eventos mutuamente excluyentes en una misma zona también son un atractivo para este tipo de títulos (por ejemplo, sequías e inundaciones).

gobierno subnacional realice sus actividades de inversión en los diversos sectores, por tanto, cualquier límite que se imponga en este rubro podría constreñir las acciones del mismo. La emisión de bonos de catástrofe no debe ser un limitante para la acción de las autoridades de nivel subnacional. Los recursos que se captan de los inversionistas no son para financiar déficit fiscales presentes. De hecho, su objetivo es proveer de recursos líquidos para hacer frente a eventos contingentes futuros, por lo cual se deben ahorrar con el fin de poder cumplir tanto con los compromisos adquiridos con los tenedores de los bonos, como con la reconstrucción de la infraestructura pública dañada después de un terremoto. Adicionalmente, no todo el valor del bono se debe reintegrar a los inversionistas, sólo una proporción del valor del mismo, ello permite ver que un porcentaje del bono puede definirse como una especie de impuesto contingente a la ocurrencia de un evento. Bajo estas circunstancias, la emisión de Bonos CAT no debe reducir el cupo de endeudamiento del gobierno subnacional que lo emite ni afectar la condición de sostenibilidad de mediano plazo de sus finanzas. En realidad, los Bonos CAT son equivalentes a los créditos de balanza de pagos que otorga el FMI los cuales serán efectivos sólo si se produce una crisis de moneda o de balanza de pagos.

### 3.2.2 Notas contingentes

Las notas contingentes (*Contingent Surplus Notes* en inglés) pertenecen al tipo de instrumentos financieros denominados opciones. Las opciones son instrumentos financieros derivados, es decir, que derivan su valor del precio de un activo financiero subyacente o base. En contraste con los contratos de futuros, un contrato de opciones se define como un contrato que otorga el derecho (y no la obligación) de comprar (*call option*) o vender (*put option*) un activo subyacente (como por ejemplo divisas, acciones, bonos e índices entre otros) en una fecha futura a un precio establecido hoy. En un contrato de opciones, participan dos partes: el emisor o vendedor de la opción y el comprador. El emisor vende la opción al comprador a cambio de una prima o precio de la opción, y además, es la parte del contrato que carga con la obligación del cumplimiento de la opción. Por otra parte, el comprador por definición solo adquirió un derecho (y no una obligación), por lo cual su máxima pérdida será la prima o precio que pagó por adquirir la opción.

El precio de una opción en el mercado dependen básicamente de seis factores: el precio actual del activo subyacente o base, el precio en el que se valora el activo base en el contrato de opción (*strike price*), el tiempo que falta para la expiración del contrato de opción, la volatilidad esperada del precio del activo subyacente a lo largo del período de vigencia de la opción, la tasa de interés libre de riesgo de corto plazo y finalmente los pagos anticipados en efectivo sobre el activo base. El efecto que cada uno de estos factores tiene sobre el precio de una opción depende del tipo de opción (de comprar o de vender) que se esté analizando.

Los modelos para valorar o determinar el precio de una opción parten de argumentos de arbitraje. Entre los más simples se tiene modelos con formulaciones binomiales, mientras que modelos que buscan determinar con mayor precisión el precio de una

opción con el fin de construir portafolios a partir de ello parten del modelo de valoración de opciones de *Black-Scholes*. Finalmente, hay que mencionar que los beneficios que alguna de las dos partes pueda obtener por cambios de precios en la cotización del activo subyacente, dependen tanto del tipo de opción (derecho a comprar o vender) como de la magnitud de los diferenciales de precios (el precio establecido en el contrato de la opción y el precio de mercado).

En el caso de riesgo de desastre, las notas contingentes son opciones de venta, el activo subyacente o base son bonos de deuda, los vendedores de esta opción son los inversionistas mientras que los compradores son los aseguradores que desean contar con instrumentos de financiación futuros en el caso de un desastre. Así, estas notas dan al asegurador primario el derecho a emitir bonos de deuda en el caso de la ocurrencia de un desastre<sup>26</sup>, y por su parte los inversionistas tienen la obligación de adquirir estos bonos de deuda en el momento en que el asegurador ejerza la opción. De esta manera, las notas contingentes son un instrumento de financiación, y no de transferencia del riesgo, que puede ser útil en el momento de requerir, ante un desastre, liquidez inmediata.

### 3.2.3 Opciones de catástrofe transadas en bolsa

Como su nombre lo indica son instrumentos financieros derivados (opciones) en donde el activo subyacente o activo base es un índice<sup>27</sup> de la industria (PCS, RMS e índice Carpenter, entre otros) de los seguros que refleja la cantidad de recursos que las empresas aseguradoras han tenido que desembolsar como consecuencia del cubrimiento de sus pólizas (pagos por siniestros). Estas opciones son vendidas por inversionistas y pueden ser adquiridas o compradas por empresas aseguradoras o reaseguradoras. Estas opciones dan entonces el derecho a la empresa aseguradora o reaseguradora a demandar pagos en efectivo por parte del inversionista o vendedor de la opción en el momento en que el índice (activo subyacente) sobrepase cierto nivel. En estos términos, estas opciones de catástrofe son instrumentos de transferencia (y no de financiación) de riesgo de desastre. Para valorar este tipo de opciones, se utilizan también argumentos de arbitraje a partir de los cuales se derivan modelos de tipo binomial y modelos tipo *Black-Scholes*. Finalmente hay que mencionar que estas opciones son transadas actualmente en el Chicago Board Trade (CBOT) y en el Bermuda Commodities Exchange.

### 3.2.4 Opciones de catástrofe de patrimonio

Son opciones de venta (*Catastrophe Equity Puts* en inglés). En este caso, el comprador de la opción son los aseguradores o reaseguradores, mientras que el vendedor de la opción es el inversionista. Estas opciones dan al comprador el

<sup>26</sup> Aunque también pueden ser incondicionales.

<sup>27</sup> La utilización de un índice en vez de otro activo subyacente puede generar en este tipo de activos financieros, un riesgo adicional llamado riesgo base. Este riesgo consiste básicamente en que el índice no refleje adecuadamente las pérdidas en activos que generó el desastre, generando la posibilidad de no generar cubrimiento en riesgo en ciertos tipos de catástrofes.



derecho a vender participación en su patrimonio a los inversionistas a precios prenegociados. Así, en el caso en que las pérdidas por un desastre excedan cierto nivel, el asegurador ejerce la opción y vende participación en su patrimonio a los inversionistas, obteniendo liquidez inmediata. Por su naturaleza, este tipo de instrumento financiero sirve para financiar riesgo y no para transferirlo. Actualmente son también transadas en el CBOT y en el Bermuda Commodities Exchange.

### 3.2.5 *Swaps de catástrofe*

Los *swaps* son instrumentos financieros derivados, y se definen como un acuerdo en el cual las dos partes se comprometen a “intercambiar” pagos con cierta periodicidad. La cuantía de cada pago corresponde a una proporción o tasa de un principal imaginario (*notional principal*).

En el caso de *swaps* de catástrofes, el asegurador se compromete a realizar ciertos pagos periódicos al inversionista<sup>28</sup>, y a cambio de ello, este último realizará pagos al asegurador en caso de un desastre, o también puede realizar todos los pagos generados por un portafolio de seguros cuando ocurre el desastre. Se utilizan los índices ya mencionados (PCS, RMS, etc) para determinar cuándo el inversionista debe realizar los pagos al asegurador. Este instrumento financiero por sus características puede ser clasificado como un instrumento que permite transferir el riesgo.

### 3.2.6 *Derivados del clima*

Son instrumentos financieros que derivan su valor de un activo base que en este caso son índices que revelan información sobre condiciones climáticas, como por ejemplo, índices de temperatura, actividad sísmicas, de sequía, de inundación, de huracanes, entre otros. Básicamente, este instrumento consiste en un contrato por medio del cual la parte que compra el instrumento recibe pagos en el momento en que dichos índices sobrepasan cierto límite. Así, este instrumento sirve para transferir riesgo.

## 3.3 RETENCIÓN DEL RIESGO FINANCIERO

Las pérdidas generadas por desastres naturales pueden tomar valores muy altos que pueden llegar a sobrepasar los niveles de cubrimiento de riesgo que se pueden alcanzar utilizando un solo instrumento financiero. Sin embargo, estas pérdidas se pueden segmentar en diferentes rangos o capas, y en cada una de estas capas se puede utilizar un instrumento financiero determinado. De esta manera, en la mayoría de los casos, la mejor opción para el cubrimiento de riesgo por parte del asegurador primario, que puede ser el gobierno, es combinar los seguros/reaseguros con otros instrumentos financieros del mercado de capitales e incluso retener pérdidas con un criterio financiero apropiado, mediante fondos de reservas, créditos contingentes,

<sup>28</sup> En cierta forma, debido a la naturaleza del activo financiero, estos pagos al igual que los realizados con otros instrumentos financieros, son similares a los pagos que un asegurador realiza al reasegurador.

bonos de deuda o mediante una compañía reaseguradora cautiva *off-shore* de propiedad del asegurado.

En general la retención del riesgo puede ser inconsciente o pasiva, cuando el posible afectado no es conocedor que está en riesgo a causa de la ignorancia o de un examen deformado o superficial de la realidad; esta situación puede ser muy grave. La retención también puede ser forzada debido a que no existe ninguna otra alternativa de eliminación, reducción o transferencia y se debe asumir obligatoriamente con el riesgo. La retención o “no seguro” es una figura que se utiliza cuando no se justifica la cobertura debido, por ejemplo, a la obsolescencia del bien, o porque la posibilidad de pérdida es extremadamente baja y puede ignorarse, o porque la pérdida es tan alta que su transferencia costaría tanto como las pérdidas que se ocasionarían. También, dadas las condiciones de salud económica puede ocurrir que sólo se cubran los riesgos más graves y se renuncie a cubrir los demás. Sin embargo, esta situación indica que un evento importante podría causar el descalabro económico de los afectados.

También existe el autoseguro, que también se considera una figura de retención del riesgo. Esta estrategia consiste en tomar medidas para el control del riesgo y asumir las pérdidas potenciales. El autoseguro tiene como finalidad mejorar la relación entre primas y garantías ofrecidas por las compañías de seguros y por lo tanto bajar los costos de los riesgos. Algunos consideran que el autoseguro no puede considerarse como una clase de seguro debido a las siguientes razones:

- No existe transferencia de riesgos a otro ente
- No suele basarse en la ley de los grandes números
- Muchas veces no se acumulan reservas para el futuro pago de pérdidas
- Puede obligar a utilizar recursos o reservas destinados a otros fines en caso de pérdidas excepcionales

En este tipo de política interviene el factor “impuestos” dependiendo si las primas de seguros y los pagos realizados por desastre o por riesgos retenidos pueden considerarse como gastos deducibles de los ingresos o si tiene impuestos especiales o no. Usualmente, la creación de fondos y reservas para la retención total o parcial no tienen incentivos por lo que en muchas ocasiones se ha dicho que es necesario revisar esta situación. A nivel gobierno, es común que al terminar una vigencia fiscal anual sea obligatorio regresar al tesoro nacional los recursos que no se han utilizado y para este tipo de reservas nacionales o institucionales es necesario hacer excepciones a las leyes de presupuesto y buscar figuras que solucionen este tipo de problema. Una alternativa es la creación de cuentas fiduciarias. Esta circunstancia ha sido una de las razones por las cuales en muchos países en desarrollo no ha sido posible crear fondos de reservas eficientes para la reducción de riesgos, la reconstrucción post desastre e incluso para la atención de emergencias. Sin dejar de mencionar que en ocasiones estos fondos no han sido debidamente estimados con base en la evaluación de los riesgos, no es extraño que no reciban los recursos necesarios durante el proceso normal de desembolso del presupuesto. Posiblemente

en países en desarrollo es necesario configurar fondos que permitan un balance entre la inversión en reducción de riesgos (prevención-mitigación) y la transferencia de riesgos.

En países desarrollados debido a la imposibilidad de obtener cobertura aseguradora o de pagar las primas exigidas el autoseguro parcial ha sido una alternativa factible. Bajo esta figura, se retiene una primera parte de la pérdida a cambio de la reducción del costo de la prima. En principio este sistema permite, bajo una política estricta de prevención, el abaratamiento del costo del riesgo lo que conlleva al pago de primas menores. Simultáneamente, el propietario pasa a asumir las pérdidas en caso de eventos menores con lo cual la recuperación en caso de este tipo de eventos se lleva a cabo en forma expedita. Al igual que una compañía aseguradora, el “exceso de pérdida” también puede manejarse con autoseguros parciales “a primer riesgo” o “a valor parcial”. Finalmente, estos fondos también pueden operar como compañías de seguros o reaseguros “cautivas”, que son creadas para cubrir sus propios riesgos y otros. Esta figura facilita que las “reservas” se constituyan con las “primas” pagadas y se puede obtener el beneficio del deducible. En general la retención consciente de riesgos es una figura de especial importancia, pues reservas bien conformadas con bases técnicas sólidas, tanto de ingeniería como de análisis financiero, permiten retener ciertos riesgos y negociar con compañías de seguros y reaseguros riesgos residuales e incluso hacer parte de un *pool* o hacer parte de una cautiva o participar en el mercado de capitales.

### **3.3.1 Fondos de reservas para desastres**

La gestión del riesgo de desastre exige la conjunción y la coordinación de las acciones de varios agentes: el gobierno, las familias y los operadores de los mercados financieros y de seguros. Dado que casi siempre los intereses de los agentes no convergen, se pueden presentar “dilemas del prisionero” que dejan a la sociedad sin protección y que sólo podrían superarse si se introducen mecanismos institucionales que favorezcan la cooperación y el reforzamiento de los compromisos. Por supuesto, el agente que puede alcanzar un equilibrio eficiente es el gobierno, pues cuenta con los recursos y los instrumentos para desarrollar las acciones de manera directa y eficaz.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede crear un fondo de recursos destinados a la atención de desastres. Los recursos acumulados en dicha cuenta deben mantenerse en activos líquidos, es decir, en papeles o cuentas bancarias que se puedan cancelar rápidamente sin grandes costos de transacción. Una alternativa para conseguir recursos para los fondos de desastres es la emisión de bonos de deuda pública. Sin embargo, esta fuente de recursos puede verse seriamente limitada si los mercados consideran que la situación fiscal se está deteriorando y por tanto exigen altas primas de riesgo que pueden hacer prácticamente imposible la colocación de nuevos papeles en el mercado.

Un fondo de reservas o un patrimonio autónomo puede aportar recursos propios para cubrir daños menores o que no serían cubiertos por los seguros, cuando las entidades gubernamentales afectadas no tengan la posibilidad de cubrirlos de sus presupuestos. De tomarse la decisión de hacer reservas para cubrir la primera capa de retención o los deducibles, en caso de una negociación masiva se podría esperar que se traslade al fondo también una partida por cada entidad asegurada para acumular las reservas que sirvan para atender los daños antes de llegar a la prioridad. También, el fondo podría recibir dichos recursos de las entidades con destinación específica para cubrir sus pérdidas, situación que sería consistente con la figura de que cada una se encargue de hacer los pagos de las primas y de las provisiones para contar con las reservas para cubrir los deducibles. Dicha administración en un fondo de reservas no tendría mayores dificultades y su naturaleza le permitiría jugar el rol.

Igualmente un fondo de este tipo podría recibir el desembolso de un crédito contingente que se contratara con el mismo objeto, dado que se facilitaría a través de este fondo el proceso de contratación de los trabajos de reconstrucción y reparación. Por esta razón, para los desastres menores se puede proponer un fondo con base en una regla de acumulación y gasto óptima que se puede definir con base en estudios de los costos de los desastres menores. El Anexo R presenta una descripción de la manera como debe determinarse la regla óptima de acumulación-gasto. El comportamiento inconsciente de acumulación y gasto de algunos fondos de reservas existentes en la subregión, cuyos montos anuales han venido disminuyendo paulatinamente, es un escenario que indica que no habrá un aumento de desastres menores o un cambio en la tasa de pérdidas en el futuro, lo que podría ser un supuesto muy optimista y poco precautorio dadas las tendencias de la región. La creación de una o varias subcuentas con el objetivo de hacer acumulación de reservas bien para desastres menores como para cubrir los deducibles o las pérdidas retenidas en caso de desastres extremos sería de especial relevancia para estimular la cultura del ahorro precautorio que hasta ahora no lo ha tenido el de los fondos de reservas existentes. Esto podría hacerse de manera paulatina, si se justifica bien. Desafortunadamente reservas notables o de acumulación rápida pueden generar la tentación de usar los recursos acumulados para otros fines e incluso críticas debido a los costos de oportunidad que se generan. Es esta la razón por la cual un crédito contingente puede ser una alternativa justificable desde el punto de vista económico, lo que depende del costo de tener dicha disponibilidad.

Existen otras posibilidades de fondos de reservas como lo se pueden diseñar bajo la figura de fondos de compensación por ejemplo para el aseguramiento de municipios pequeños y grandes y con la participación del sector de seguros y el gobierno nacional. Un ejemplo de un fondo de compensación de este tipo se describe en el Anexo S.

### **3.3.2 Líneas de crédito**

El gobierno puede acudir a los mercados bancarios nacionales o internacionales y pedir fondos prestados ya sea para cubrir los costos directos del desastre o contratar

créditos contingentes. En el primer caso, pueden presentarse problemas en la consecución de los recursos, debido a que en una situación de desastre, la demanda de crédito de todos los sectores aumenta, encareciendo los recursos y el riesgo financiero. Los intermediarios estarán menos predispuestos a otorgar empréstitos y posiblemente se agudicen los problemas de racionamiento. De otra parte, si las pérdidas son excesivas es posible que el gobierno no pueda conseguir los recursos necesarios y necesite acudir a la ayuda del gobierno central o de la banca internacional, esta última puede incluso ser más adversa a otorgar créditos a la administración central si no existen avales del gobierno central, máxime cuando las calificaciones de riesgo de los bonos de deuda pública prácticamente se han deteriorado significativamente.

Los créditos son utilizados usualmente en la capa o rango más alta (los mayores niveles de pérdida), cuando no hay forma de transferir el riesgo o es necesario limitar la pérdida. En otras palabras, si las pérdidas por un desastre sobrepasan los niveles que ya están cubiertos tanto con reaseguros como con algunos instrumentos financieros, el excedente puede ser cubierto por una línea de crédito de una institución multilateral como el Banco Mundial o el BID. Esta suele ser la última opción utilizada.

### ***El crédito contingente***

En estas líneas de crédito, el asegurador debe pagar una comisión por el acuerdo que generalmente oscila entre 0.25% y 0.375% anual o por un período mayor y que garantiza que la institución prestará los recursos en el momento en que las pérdidas por desastre se presenten o superen un valor. También para este efecto se definen índices disparadores o circunstancias bien definidas como la declaración de un desastre por parte del gobierno nacional.

Esta figura ha sido un mecanismo con el cual los gobiernos pueden facilitar la conformación de consorcios de seguros al contratar créditos que permiten aumentar las reservas disponibles con las cuales se retiene riesgo, pero que no se desembolsan si no se presentan siniestros que impliquen tener que utilizarlas. El ser garante de este tipo de créditos y pagar la comisión hace al Estado un facilitador para que la industria local de seguros crezca, se reduzca el seguro para los ciudadanos y el mismo gobierno y se constituyan reservas que permitirán una mejor posición del consorcio para negociar con los reaseguradores. El Banco Mundial actualmente consolida bajo la figura de libre aplicación inmediata (para programas de inversión, ajuste estructural, etc.) con fines de promoción de la mitigación de riesgos una línea de crédito contingente denominada CAT DDO (*Catastrophic Delayed Joint Down Option*). Para el efecto el país debe demostrar contar con una política explícita de gestión integral de riesgos y de inversiones relacionadas (ley de ejercicio presupuestal) y sus recursos son de libre destinación. Este mecanismo en caso de utilizarse como crédito contingente frente a desastres exige un pago por una vez a la firma del contrato del 0.25% y no hay comisiones anuales durante un período de tres años. En caso de presentarse daños la tasa de interés del préstamo es del 2% o si se

usa para inversión la tasa es la Libor más 4 puntos (3.5+0,04) con siete años de periodo de gracia y un plazo a 17 años.

Es necesario aclarar que las entidades que otorgan las líneas de crédito de este tipo, que en general son entidades multilaterales, dirigen sus esfuerzos a que los países, de manera autónoma, diversifiquen el riesgo, generen sistemas de incentivos que fomenten la diversificación del riesgo por parte de los agentes privados y promuevan la mitigación del daño físico.

### 3.3.3 El papel de la mitigación del daño físico

Como ya se ha explicado, existen mecanismos disponibles tanto en el mercado de seguros y reaseguros como en el de capitales que sirven para financiar de manera adecuada la parte “diversificable” del riesgo de desastre; es decir, las pérdidas en bienestar (en términos de integridad física y activos) que genera un desastre. Sin embargo, existe una parte de este riesgo que es “no diversificable”, y que solo se puede reducir por medio de la utilización de medidas de mitigación que permitan, antes de la ocurrencia de un desastre disminuir los posibles niveles de pérdidas que éste puede llegar a generar.

Así, en teoría, la estrategia utilizada por una sociedad para reducir las pérdidas que puede traer sobre ella un desastre, consiste en tomar *ex ante* medidas de mitigación que reduzcan su vulnerabilidad. Una vez se logre reducir al mínimo este riesgo “no diversificable”, la sociedad se debe enfocar en utilizar los mercados de seguros y de capitales para distribuir el riesgo “diversificable” y así contar con los recursos suficientes para garantizar, una vez ocurrido el desastre, la recuperación tanto de la integridad física de sus miembros como de sus activos. El objetivo de esta sección es presentar de manera general las medidas de mitigación que expertos en el tema han recomendado.

Andersen (2002, p.20) argumenta que las medidas de mitigación no solo reducen el nivel de pérdidas esperadas, sino que además son una condición necesaria para el desarrollo y la viabilidad de mercados de seguros locales. Pollner (2001) identifica cuatro estrategias que pueden reducir la vulnerabilidad de un país desde la perspectiva de los desastres:

- *Medidas Físicas.* Hacen referencia a todas las medidas que los agentes de una sociedad pueden llevar a cabo sobre sus activos con el fin de reducir la vulnerabilidad física que estos puedan tener. Estas medidas, son las que tienen el mayor impacto sobre la reducción de las pérdidas que puede generar el desastre.

- *Medidas Estructurales.* Se definen como aquellas que permiten modificar la estructura de las construcciones o activos que los desastres ponen en riesgo. Hacen parte de este tipo de medidas el diseño y la puesta en práctica de los códigos de construcción. El autor sugiere el diseño de instituciones encargadas de hacer cumplir tales códigos en las construcciones que se lleven a cabo. El financiamiento de dichas instituciones puede provenir del sector privado (aseguradoras, bancos y propietarios de los inmuebles), dado que la reducción de posibles pérdidas que esta institución generaría se convierte en un incentivo suficiente para que estos agentes destinen recursos a dicho financiamiento. El problema, en algunos casos, es que los códigos no son de fácil entendimiento para un propietario común, lo cual genera desincentivos sobre éste puede aplicarlos.
- *Medidas No Estructurales.* Hacen parte de estas medidas todas aquellas destinadas a la identificación de áreas propensas al riesgo y al control de la asignación y el uso del suelo. El diseño de mapas que identifiquen las áreas más propensas a distintos tipos de riesgo, el inventario de activos físicos y construcciones que figuran en tales mapas, permiten que el mercado disponga de mayor información para el establecimiento de precios de pólizas de seguros, llevando a mayores eficiencias. Este tipo de medidas requieren la interacción de centros de investigación y prevención de desastres, oficinas de planeación y los catastros descentralizados. Además, dados los incentivos que tiene las empresas aseguradoras vía reducción de posibles pérdidas, éstas pueden contribuir con la información que utilizan para la valoración de este tipo de riesgos, y así disponer de bases de datos más completas.

La industria de los seguros tiene la capacidad, por medio de sus políticas de suscripción, de generar incentivos sobre los agentes privados para que estos ejecuten medidas de mitigación que reduzcan las posibles pérdidas en el momento de un desastre. Para ello, es necesario contar con información pública para que tanto la aseguradora como el asegurado conozcan la especificidad de dichas medidas y a su vez se pueda determinar, en el momento de cubrir riesgo, si el asegurado ha implementado tales medidas.

### **3.4 TRANSFERENCIA Y RETENCIÓN A TRAVÉS DE UNA CAUTIVA**

Una compañía "cautiva" es una empresa de seguros o reaseguros, según la naturaleza de su actividad, organizada por un grupo económico y para beneficio de las empresas que conforman el mismo, constituida de conformidad con una legislación extranjera especial como la de las Islas Bermuda o las Islas Caimán donde existen fuertes emporios de seguros y reaseguros, domiciliados y con oficinas en el país de constitución, desde donde opera, ya sea con infraestructura propia o a través de las facilidades que le brinda una empresa administradora de compañías de seguros o reaseguros cautivas debidamente reconocida y acreditada, con el fin de asegurar o reasegurar, desde el exterior, riesgos del propio grupo económico o empresarial o

institución a la que pertenece la aseguradora o reaseguradora cautiva.

El objetivo de constituir una compañía de seguros o reaseguros "cautiva" responde principalmente a la necesidad de reducir los costos que se pagan en primas de seguros y obtener una mejor administración de sus riesgos, persiguiendo las ventajas fiscales que ofrecen ciertas legislaciones. A través de esta figura o instrumento jurídico los interesados procuran manejar o administrar sus propios riesgos y, a la vez, retener las primas que se pagan por los seguros. Los riesgos a ser asegurados por la compañía "cautiva" son seleccionados, de suerte que los riesgos de importancia son asegurados por compañías de seguros ajenas al grupo económico. Las primas las fija la propia compañía "cautiva" perteneciente a la empresa o empresas contratantes del seguro. Dicha prima es pagada a la compañía de seguros o reaseguros "cautiva" en el exterior, donde ésta se encuentra domiciliada y desde donde asegura el riesgo. El gasto en que incurren las empresas tomadoras del seguro y que forman parte del mismo grupo al que pertenece la empresa "cautiva", en muchos países es deducible del impuesto sobre la renta por considerarse que el pago de primas de seguros resulta ser un gasto necesario para la generación de ingresos.

Por ejemplo de constituirse la sociedad en un sitio como Panamá, la ley exonera expresamente de todo impuesto los ingresos o rentas que recibe la compañía "cautiva" en concepto de prima, así como las utilidades o ganancias que obtiene ésta por razón de su actividad y que pagará a sus accionistas, al considerarse que tales utilidades se derivan de operaciones extranjeras u *offshore*, es decir, generadas en el exterior, al provenir de la contratación de seguros fuera del territorio, donde la "cautiva" sólo efectúa operaciones administrativas. El doble beneficio consiste, en consecuencia, en que, por un lado, el gasto por la contratación de los seguros con la compañía "cautiva" puede resultar ser deducible del monto a pagarse en concepto de impuesto, si la legislación fiscal del país de la contratante así lo permite. Por el otro, al formar parte la compañía "cautiva" al mismo grupo al que pertenecen los contratantes de los seguros y al estar las utilidades de dicha compañía "cautiva" exentas del pago de impuesto sobre la renta, las ganancias se mantienen dentro del grupo o la entidad propietaria.

Como se puede apreciar, las aseguradoras o reaseguradoras "cautivas", son instrumentos especialmente diseñados para operaciones extranjeras, con los objetivos específicamente señalados anteriormente, que sólo pueden ser usados por entidades o grupos extranjeros, domiciliados fuera del país donde se constituye la cautiva, ya que dada la naturaleza, objetivo y funcionamiento de las "cautivas", el uso de las mismas por una empresa establecida en el país sede del riesgo desvirtuaría la naturaleza *offshore*. Las compañías de seguros y reaseguros "cautivas" pueden asegurar y reasegurar virtualmente todo tipo de riesgos, de suerte tal que, con la constitución de una de estas compañías, la entidad o grupo propietario de la misma puede transferir a dicha compañía "cautiva", perteneciente al grupo, parte de sus propios riesgos y dejar otros riesgos asegurados con empresas aseguradoras convencionales.



### 3.4.1 Objetivos de las compañías cautivas

Con la creación y operación de una compañía de seguros “cautiva”, una entidad, empresa o grupo económico busca lograr lo siguiente:

1. Reducción en el costo de las primas y hacer que los pagos efectuados se mantengan dentro del patrimonio empresarial al ser percibidas las primas por la compañía de seguros y reaseguros "cautiva". Como es conocido, toda compañía de seguros o reaseguros dentro del mercado asegurador debe cubrir y sufragar una serie de costos administrativos y operativos que son traspasados a sus clientes. Al asegurarse los riesgos con una empresa “cautiva”, relacionada con el grupo empresarial, tales costos se pueden disminuir considerablemente, al no tener que cubrir una serie de gastos superfluos de los cuales el asegurado no toma parte. Adicionalmente, el hecho de que la “cautiva” forma parte del mismo grupo corporativo, las primas se mantienen dentro de los ingresos del mismo patrimonio.

Por otro lado, en el mundo del seguro convencional, las compañías de seguros, generalmente, no tienen consideración especial alguna con los asegurados al momento de renovar las pólizas por razón del buen comportamiento en el riesgo asegurado. A través de la aseguradora o reaseguradora “cautiva”, se puede procurar un ajuste en la prima por razón de la baja siniestralidad.

2. Sirve como vehículo para la repatriación de recursos financieros del grupo, al ser destinados a la compañía de seguros o reaseguros “cautiva”. En muchos países, resulta difícil la repatriación de fondos al exterior por razón de los controles existentes. Por vía de la prima, una empresa puede legítimamente sustentar la remesa de fondos al exterior, siendo éstos conservados por una empresa relacionada al mismo grupo económico.
3. Sirve de instrumento para una adecuada administración de riesgos. Al formar parte la aseguradora o reaseguradora “cautiva” al mismo grupo empresarial, el riesgo puede ser mejor administrado por cuanto que se conocen mejor las necesidades de las empresas aseguradas.
4. Las primas pagadas pueden ser deducidas fiscalmente por la empresa asegurada, en atención a lo que disponga su legislación fiscal interna, por tratarse de un gasto necesario para la producción o conservación de su fuente de su renta. En la mayoría de los países, antes de la determinación del monto o renta objeto del impuesto, el contribuyente fiscal puede deducir de su renta o ingreso bruto los costos de los seguros por considerar que éstos son un requerimiento para salvaguardar o proteger la actividad empresarial de todo riesgo y que en caso de siniestro afectaría la fuente de producción.
5. Dependiendo del país donde se constituya la cautiva las primas pagadas a la misma, no están sujetas al pago de impuesto sobre la renta en el domicilio de la "cautiva" y las utilidades o dividendos que pague ésta tampoco está sujeta a deducción fiscal.

Las leyes pueden eximir de todo impuesto la renta que obtiene por el seguro de riesgos extranjeros. En virtud de lo anterior, las utilidades o dividendos que distribuya la aseguradora “cautiva” a sus accionistas, tampoco es objeto de impuesto.

6. Permite acceso directo al mercado de reaseguros, ahorrándose costos de intermediación. Por el hecho de que la aseguradora “cautiva” forma parte del mismo grupo económico, puede gestionar directamente los reaseguros de los riesgos de sus empresas relacionadas, sin tener éstas que asumir los costos de intermediación de una empresa de seguros no relacionada.
7. Brinda flexibilidad en la creación de coberturas a la medida. El hecho de que la aseguradora “cautiva” forme parte de un mismo grupo económico permite la elaboración de pólizas de seguro de acuerdo con las necesidades precisas de sus aseguradas.
8. Mejora el flujo de fondos. Dada la relación existente entre las aseguradas y la compañía de seguros “cautiva”, se da una mayor celeridad en el pago de las primas, al igual que del siniestro. Al quedar las primas dentro del mismo patrimonio corporativo, permite que dichas primas puedan ser utilizadas por las aseguradoras “cautivas” en inversiones propias, redundando en beneficio propio del grupo al maximizar el rendimiento de sus recursos. De igual forma, al pagar las “cautivas” los siniestros que pudieran ocurrir, mejora la posición de recuperación de sus empresas aseguradas relacionadas.

Estos son sólo algunos de los beneficios y ventajas operativas, financieras y fiscales que se pueden obtener con la constitución de una compañía de seguros o reaseguros “cautiva”, lo cual se logrará con una adecuada orientación y planificación por parte de la empresa administradora que se seleccione para el manejo de la “cautiva”, a la cual le corresponde la tarea de realizar los estudios técnicos para lograr y adecuar las ventajas a que nos hemos referido.

No obstante las bondades, ventajas y flexibilidad que ofrece la legislación en los potenciales países para la constitución y operación de una compañía de seguros o reaseguros “cautiva”, es importante señalar que ello no quiere decir que una “cautiva” es una empresa fantasma; “de papel”, o que se encuentra localizada en una jurisdicción “sin dios ni ley”, o que en el país sede de la constitución no se ejerce una adecuada supervisión sobre este tipo de empresas y sus actividades.

### **3.4.2 Otras alternativas de cautivas**

En algunas ocasiones es posible que una compañía que desee autoproveerse de seguros para cubrir los riesgos en sus operaciones no sea lo suficientemente capaz (en términos económicos e inclusive administrativos) para mantener una aseguradora cautiva propia. Para satisfacer estas necesidades de cobertura de riesgos (fuera del mercado tradicional de aseguradoras), se ha creado en la industria el concepto de

"arrienda una cautiva" (*rent-a-captive*), según el cual la sociedad comparte su cautiva con otras compañías de similar envergadura "arrendando" parte de su capital. En términos simplificados, lo que sucede es que distintas compañías (no relacionadas entre sí) utilizan una misma cautiva para cubrir determinados riesgos, mediante la suscripción de ciertos acuerdos en los cuales -en ocasiones- no se les exige aporte de capital a la cautiva. El concepto "arrienda una cautiva" tiene un aspecto ciertamente desventajoso, común a la mayoría de las compañías: la cautiva constituye una entidad única frente a los terceros, por lo que su patrimonio entero puede estar sujeto a responder ante reclamos justificados. Por consiguiente, aquellas sociedades que han suscrito un acuerdo para "arrendar" la cautiva no tienen la seguridad de que en el evento en que otro de sus usuarios ponga en peligro el patrimonio de ésta, la respectiva cuota de capital que tenían asignado para la cobertura exclusiva de sus riesgos no se vea afectado por una reclamación legítima. Es decir, nada garantiza que la parte del capital de la cautiva destinado únicamente a la cobertura de los riesgos de una determinada sociedad no sea afectada al ser utilizada para cubrir riesgos de otro usuario. Para evitar la mencionada debilidad operativa, la misma industria aseguradora ideó una compañía en la cual el capital es segregado en distintas "células protegidas" (*protected cells*), separando -por tanto- cada célula y apartando el patrimonio que las compone de los riesgos o malos manejos que puedan sufrir las demás segmentaciones de patrimonio (células). En otro giro, la compañía es capaz, por vía de sus distintas células, de cubrir cada uno de los riesgos de diferentes empresas, sin que la cobertura de una célula específica afecte a las demás células. Con base en lo anterior, se define en términos sencillos una PCC como aquella sociedad, cuyo capital social se compone de activos contenidos en distintas partes o segregaciones llamadas 'células' (activos celulares), las cuales se consideran separadas e independientes entre sí, y de activos no constitutivos de 'células' (activos no-celulares), considerados también como independientes, que tiene como características principal que la porción de capital de la sociedad asignada a determinada célula no responde a las obligaciones asumidas por la compañía con relación a otra célula o a los activos no celulares. En resumen, una PCC estructuralmente implica un capital nuclear, un capital celular, activos y obligaciones nucleares y activos y obligaciones celulares. Los activos que componen cada célula y el núcleo celular constituyen una especie de patrimonio de afectación, asignado para responder en forma exclusiva ante obligaciones y acreedores específicos.

### 3.4.3 Procedimiento de constitución de una cautiva

La creación de una compañía de reaseguros "cautiva", de conformidad con la legislación de cada país es un proceso sencillo y de bajo costo y se constituye a grandes rasgos mediante los siguientes pasos:

- Contratación de un grupo consultor de asesores profesionales (gerente de seguros, abogado, auditor, actuario) para desarrollar el proceso de constitución de la cautiva con el debido apoyo técnico especializado. Esta asesoría va desde el la pre-incorporación de documentos, la solicitud frente el Ministerio de Finanzas del país escogido de la creación de una empresa internacional que no se adhiere a la regla de

tener un 60% de propiedad local, el registro de la misma como aseguradora ante la autoridad respectiva, el pago del capital mínimo requerido y la iniciación de operaciones.

- Dirección de la oficina principal en el país sede de la constitución de la “cautiva”. Esta dirección debe ser aquella donde se mantenga toda la documentación comercial, contable y administrativa de la aseguradora cautiva y la identificación de los directores y referencias.
- Certificación de un banco que acredite que el interesado tiene a disposición los fondos y recursos para la capitalización de la sociedad, una vez que la misma haya sido constituida.
- El nombre del representante residente de la compañía "cautiva" y reporte técnico respecto del tipo de riesgos a asegurar y proyecciones sobre las actividades de la compañía de reaseguros.
- El capital social se determina en función del tipo de riesgo que se pretende asegurar. Si se trata del ramo de riesgos generales, usualmente el capital pagado deberá ser de USD\$ 150,000 mientras que si se trata de riesgos a largo plazo, o ambos, el capital pagado que deberá aportar el propietario o interesado deberá ser de USD\$ 250,000 cifra que puede variar según la legislación de cada país en el que se constituya la cautiva.

El primer paso es fundamental y para llevarlo a cabo el país tendría que contratar un grupo consultor para que la asesore en forma integral y lleve a cabo los trámites pertinentes para la constitución y entrada en operación de la reaseguradora cautiva de propiedad del gobierno nacional o subnacional en el país que se considere más conveniente (Panamá, Bermuda o Islas Caimán para mencionar los más cercanos). Dicha asesoría consideraría todos los aspectos financieros, legales, administrativos y tributarios que sean necesarios para lograr el objeto de la consultoría. Las principales tareas que tendría que llevar a cabo el grupo consultor en el país escogido en desarrollo de dicha asesoría, sin perjuicio de la obligación de desarrollar y ejecutar todas las actividades que sean necesarias para la constitución y puesta en marcha de la cautiva son, bajo carácter enunciativo y no taxativo, las siguientes:

1. Asesorar y elaborar de acuerdo con las indicaciones y la información que suministre el gobierno interesado, el *Business Plan* que se presentará en el domicilio del país escogido, incluyendo las proyecciones actuariales que se requieran según el riesgo y los escenarios que se escojan;
2. Asesorar al gobierno interesado en la elaboración, coordinación y trámite de los documentos requerido para la constitución de la cautiva, hasta que los mismos se obtengan. Dichas actividades incluyen pero no se limitan a:
  - Tramitar la reserva del nombre de la cautiva;
  - Elaborar los estatutos y demás documentos legales que se requieran;
  - Preparar y coordinar el diligenciamiento de los formularios de pre-incorporación y realizar el trámite correspondiente;

- Preparar y radicar los formularios de pre-incorporación ante las autoridades respectivas (por ejemplo en Bermuda: la BMA, Bermuda Monetary Authority, y la IAC, Insurance Advisory Committee);
- Gestionar y hacer el seguimiento a la aprobación del proceso de incorporación;
- Gestionar el registro y la incorporación incluyendo el trámite de los pago y tasas a que haya lugar;
- Coordinar el giro del aporte de capital;
- Radicar la solicitud de licencia de la reaseguradora cautiva;
- Gestionar la obtención de licencia de la reaseguradora cautiva;
- Rendir un informe al gobierno interesado al finalizar el proceso de constitución de la cautiva y de ser necesario otros que sean necesario por solicitud del gobierno interesado para absolver todas las consultas que en relación con el proceso sean formuladas.

La constitución de la cautiva deberá efectuarse dentro del plazo de ejecución del contrato que puede ser del orden de 90 días y de un aproximado de USD\$ 40,000 dólares.

#### **3.4.4 Posibilidades y beneficios para los países**

El análisis en esta alternativa está enfocado en los beneficios económicos que cada país puede obtener como consecuencia de las características de su portafolio y los valores involucrados dentro de la suma asegurable. Se trata de un mecanismo que permite ir más allá en la cadena tradicional de aseguramiento donde las compañías de seguros perciben la prima de varios riesgos para las pérdidas de algunos pero con foco a nivel de portafolio, que a veces no permite que un riesgo en particular se beneficie de sí mismo. Con las características de los riesgos involucrados dentro de este tipo de análisis es posible analizar alternativas de aseguramiento diferentes a las tradicionales que van más allá del precio óptimo para el asegurado, pues le permite obtener ingresos financieros como consecuencia de su misma necesidad de cubrir el patrimonio y contribuye al desarrollo del mismo con el retorno que le permite una estructura de auto-aseguramiento.

Para el efecto es necesario vincular una compañía de seguro que lleve a cabo la figura de *fronting*, es decir transfiriendo gran parte de las primas generadas a la compañía reaseguradora que tomará el riesgo *overseas* o fuera del país. La compañía podrá llevar a cabo una retención mínima si es su deseo o simplemente transferirá el 100% de las primas facturadas. Para efectos de cesión no existe ninguna limitante en cuanto al monto transferido, pero si para el monto retenido; es decir, la compañía de seguros es la que se vería restringida a la hora de efectuar su retención si lo hiciera, como consecuencia de las restricciones existentes para la exposición del patrimonio técnico. Dado que la figura de “cautiva” funciona fuera del país involucrado, las restricciones de aseguramiento vigentes no aplicarían para la misma. Dichas restricciones serían vigentes para la compañía que hace el *fronting*, pero que al no retener mayor participación no le impacta en su resultado técnico general;

particularmente, porque su utilidad esperada por la vinculación de beneficios administrativos es mínima: se tendría un bajo margen de gastos, no habría intermediario de seguros y los beneficios de la comisión de retorno del programa de reaseguro son menores. En otras palabras las premisas financieras son diferentes a las utilizadas en los demás casos que se han descrito previamente.

A manera de conclusión, al respecto de este mecanismo se puede señalar lo siguiente:

1. El auto/aseguramiento mediante la figura de la constitución de una cautiva brinda como beneficio explotar las fortalezas de los gobiernos como administradores del riesgo. Mediante su debida gestión se puede minimizar al máximo la probabilidad de efectos que en el mediano plazo retornarían al mismo asegurado como resultado de la suscripción sin haber abandonado la necesidad de cubrirse contra la volatilidad del patrimonio frente a los riesgos inherentes del mismo.
2. El asegurado es el mismo dueño de la compañía de seguros sin incurrir en todos los costos asociados que se le trasladan en la contratación de una póliza de seguros, por lo cual hace óptimo su beneficio local y a su vez también obtiene beneficios propios de las sinergias que desarrolle con el mercado reasegurador
3. La apertura de la licencia de la “cautiva” la recupera dentro del primer año de vigencia de su póliza y primer año de operación de la aseguradora, en consecuencia en el mediano plazo el crecimiento de su patrimonio estará dado por sí mismo con los beneficios tributarios y de ley al tener la compañía *off-shore*.
4. En el evento de ocurrir cambios en las políticas del mercado internacional de reaseguro, la compañía se podría beneficiar de las mismas con motivo de los textos y cláusulas particulares que se negocien para la cobertura específica del los portafolios de inmuebles de los países.
5. Los gobiernos conforme a su régimen fiscal podrían mejorar el retorno de inversión en el extranjero beneficiándose de las oportunidades que le otorga tener un patrimonio *off-shore*.
6. Aquellos riesgos de difícil aseguramiento o cuyos costos sean altos podrían ser beneficiados a través de la cautiva por la mejora en costos, como consecuencia de la vinculación existente con otros riesgos y la retención que puede practicar en vista del patrimonio que posee, llegando a retener hasta el 100% y eliminando así la dependencia del mercado local.

7. No se debe descartar que en general los gobiernos a través de la figura de una cautiva podrían involucrar otros riesgos de las mismas características, como por ejemplo bienes inmuebles de otras jurisdicciones o entidades que permitieran aumentar la dispersión del riesgo y obtener todavía más ventajas dentro de la contratación de sus estructuras de transferencia de riesgo. Se podrían así mejorar las asignaciones y ejecuciones presupuestales de cada periodo fiscal. Igualmente, se podría explorar la posibilidad de vincular sectores marginados de la sociedad dentro de una política de aseguramiento a costos alcanzables, lo que se podría lograr a través de esta figura involucrando mecanismos de subsidio total o con la participación inclusive del sector privado.
8. Dentro de las negociaciones de cobertura se pueden involucrar todos los activos de los gobiernos nacionales y subnacionales y de las empresas de servicios públicos para efectos de obtener beneficios de precio y alcance de cobertura, optimizando el presupuesto público.
9. Para efectos de simplificar el sistema de contratación de seguros sólo sería necesario licitar o hacer invitación privada a aquellas sociedades corredoras de reaseguro que tengan la experiencia comprobada en la constitución de sociedades *off-shore* para así procurar la estructuración de la estructura de transferencia óptima en cuanto al alcance y beneficio y, sobre todo, sin incumplir con las políticas de aseguramiento y reaseguramiento establecidas por las superintendencias.

### **3.5 COMBINACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA PROTECCIÓN FINANCIERA**

Los mecanismos disponibles en los mercados de seguros y de capitales no son sustitutos entre sí, sino que son complementarios y se deben usar simultáneamente en una estructura combinada que cubra diferentes capas de riesgo. Dentro de esta estructura participan distintos tipos de agentes, entre ellos, empresas aseguradoras, reaseguradoras, inversionistas privados, banca de inversión, intermediarios financieros y entidades multilaterales, lo cual implica que aunque existe esta estructura institucional, el marco regulatorio del uso de este tipo de instrumentos está por fuera de la esfera nacional. Por esta razón, además de un estudio detallado que especifique el diseño y la estrategia de colocación de la estructura de financiación, es necesario trabajar en el logro de acuerdos multilaterales que permitan el acceso de instituciones locales a los mercados internacionales y al establecimiento de acuerdos que permitan consolidar un marco regulatorio común a las distintas entidades nacionales e internacionales participantes en el sistema.

Como se mencionó anteriormente, los precios de los seguros y de los reaseguros se ven seriamente distorsionados por restricciones de oferta y de demanda. Una estructura institucional y regulatoria más sólida y un sistema de información transparente contribuirían notablemente a reducir este tipo de restricciones. Sin embargo, mientras se logran implementar dichos cambios, es de vital importancia

que tanto el gobierno central y los gobiernos regionales tomen conciencia de la importancia de adoptar medidas de diversificación de los riesgos de desastres, especialmente los que conciernen con daños en la infraestructura física. Mecanismos como el aseguramiento permiten disminuir la carga fiscal del gobierno una vez ocurrido un desastre. A partir de la definición de las responsabilidades del Estado, su estimación y de su capacidad fiscal, se pueden establecer acuerdos entre éste y compañías aseguradoras y reaseguradoras por medio de los cuales se puedan cubrir los riesgos mediante el diseño de instrumentos financieros o de transferencia adecuados.

Luego de una revisión del funcionamiento de diferentes mecanismos para transferir riesgo al mercado, se destacan dos responsabilidades que debe asumir el Estado ante posibles desastres: por un lado, la infraestructura y las construcciones públicas, y por el otro, la población de bajos ingresos que no cuenta con los recursos para adquirir pólizas de seguro y que además tiende a estar ubicada en las zonas más frágiles y vulnerables. En general, existe consenso en que el sector privado, así como la población de niveles de ingreso medio y altos, deben por sí mismos adquirir pólizas de seguro en el sector privado. Sin embargo, existen ineficiencias en el mercado local de seguros que llevan a problemas de oferta por parte de las aseguradoras (altos precios y restricciones en las cantidades de pólizas ofrecidas para este tipo de riesgo). En estos términos, el único tipo de intervención estatal que se sugiere para el cubrimiento de estos sectores de la población es la adecuada regulación del mercado de seguros y la búsqueda de la capitalización de dicho mercado.<sup>29</sup>

Una vez definidas las responsabilidades del Estado, se pueden llevar a cabo los ejercicios de simulación que permitan determinar la estructura óptima de financiación y/o transferencia en términos de efectividad en costo. En resumen el proceso que se debe llevar a cabo en el momento de escoger la estructura financiera adecuada tiene los siguientes pasos:

1. Mediante modelos de riesgo catastrófico se deben calcular las probabilidades de ocurrencia de ciertos tipos de desastres, y además información sobre la exposición (responsabilidades, primas, etc.) para determinar sus pérdidas por desastres potenciales y establecer cuánto capital se necesitaría para financiar el riesgo en el que se está incurriendo.
2. Comparar el costo de utilizar el capital del Estado con el costo de asegurar, reasegurar y/o de titularizar el riesgo (utilizando los instrumentos financieros disponibles).
3. Utilizando algoritmos de optimización, se puede determinar la combinación de capital, crédito, reaseguros y titularización que minimice su costo total de cubrir el riesgo de desastres.

---

<sup>29</sup> Esto se puede llevar a cabo mediante estrategias que busquen educar a los agentes en autoasegurarse, y no esperar la ayuda del Estado una vez ocurra un desastre, y también mediante un esquema de transición que permita en el largo plazo llevar a la población de bajos recursos a autoasegurarse directamente en el sector privado (Pollner, 2001).



En este contexto, los datos que se utilizarán para calcular la parte de instrumentos financieros básicamente son:

- Información derivada del análisis técnico de los distintos desastres (vulnerabilidad, población afectada, estimaciones de niveles de pérdidas, etc.). Información de posibles disparadores (índices).
- Datos del mercado de seguros/reaseguros y de bonos de catástrofe (tasas de rentabilidad, indicadores de transabilidad, emisores, tasa libre de riesgo, Vehículos de Propósito Especial).

A partir de esta información se pueden plantear distintas formas de financiamiento y hacer la simulación para encontrar aquella que genere el mínimo costo para el Estado. Así el Estado debe definir el nivel de riesgo que retiene de sus propios activos, de la infraestructura y de las poblaciones con bajos niveles de ingreso. Es importante indicar que existe el riesgo de que esto puede no ser lo más eficiente, dadas las implicaciones de mayor centralización que esto traería, además de altos costos en términos de suscripciones en Bolsas de Valores en donde se transen los instrumentos financieros utilizados para la cobertura de riesgo, y la posibilidad de no llevar a cabo un exitoso manejo de portafolio.

### 3.5.1 Diseño de la estructura de retención y transferencia

Una estructura de financiación está configurada por la asignación de uno o varios instrumentos financieros para cada uno de los distintos niveles de pérdida. La Tabla 3.3 hace un resumen de dichos instrumentos.

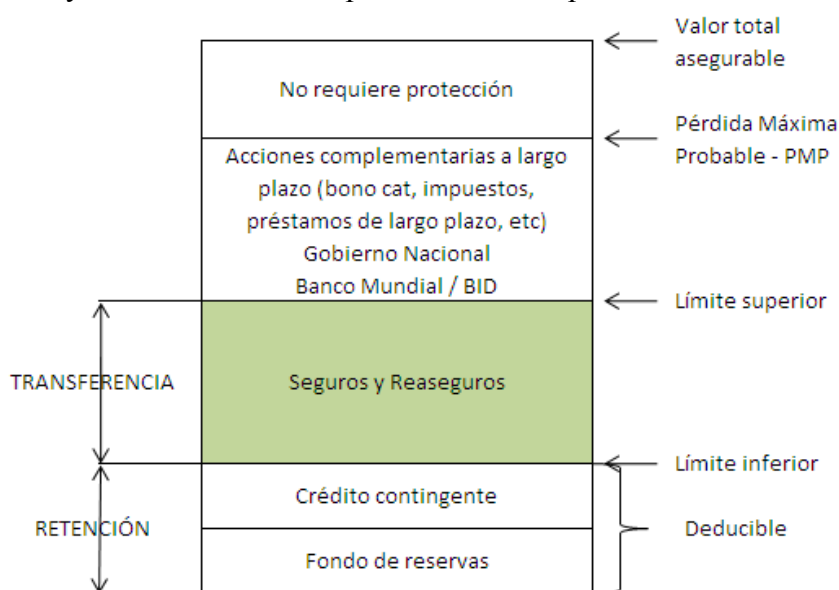
*Tabla 3.3. Instrumentos financieros de cobertura de riesgos de desastres.*

Seguros y reaseguros
Bonos de catástrofe
Notas contingentes (contingent surplus notes)
Opciones de catástrofe transadas en bolsa
Opciones de catástrofe de patrimonio
Swaps de catástrofe
Derivados de clima
Créditos contingentes

Los créditos contingentes y los fondos de reservas son los que en general serían los más apropiados para la financiación de capas retenidas debido a la existencia de mercados accesibles y a su nivel de transabilidad. Los bonos de catástrofe y el sistema de seguros y reaseguros lejos de ser opciones mutuamente excluyentes son mecanismos que se complementan entre sí y permiten una diversificación más eficiente del riesgo.

Cada mecanismo permite cubrir determinados intervalos del nivel del monto de la pérdida lo que hace posible estructurar un sistema de cubrimiento de riesgos por capas. Los contratos de seguros permiten cubrir las primeras capas de pérdidas, sin embargo con el fin de reducir el valor de las primas del Estado, con los fondos de

reservas para desastres y créditos contingentes con organismos multilaterales se puede cubrir una primera capa importante. En algunos casos los aseguradores necesitan del sistema de reaseguros para cubrirse en caso de que el tamaño de la pérdida supere su capacidad de solvencia. Debido al alto monto de las pérdidas, las capas finales de la estructura de cubrimiento contra riesgo de desastres podrían ser asumidas por el mercado de capitales mediante los bonos de catástrofe y por la banca multilateral mediante otra figura crédito. El uso de los bonos de catástrofe para dichas capas, permite eliminar el riesgo de contraparte que existiría si se celebraran contratos de seguro para tales niveles de pérdida. Ahora bien, los créditos contingentes tienen la gran desventaja de que si se deciden utilizar, el gobierno incrementaría su deuda con la banca multilateral. La Figura 3.2 ilustra una estructura de financiación y transferencia con capas de exceso de pérdidas.



**Figura 3.2. Estructura de retención y transferencia.**

La prioridad o deducible es el monto hasta el cual el asegurado (en el caso de los reaseguros el asegurador primario) retiene la totalidad del riesgo, es decir que hasta este punto el asegurado responde por la totalidad de sus pérdidas. A partir de un monto igual a la prioridad o deducible el asegurador (o reasegurador) responde por los siniestros que se presenten hasta un monto máximo conocido como el límite. El asegurador (o reasegurador) está entonces comprometido a cubrir las pérdidas que exceden el deducible hasta la cantidad establecida por el límite. La distancia entre el monto deducible y el monto límite es conocida como una capa. Según el tamaño del desastre el mercado de seguros y de reaseguros puede organizarse en varias capas. El costo del aseguramiento y del reaseguramiento por capas está generalmente determinado por un indicador conocido como ROL (*Rate-On-Line*). La ROL se define como la prima sobre el límite de cobertura. El Anexo T describe los elementos y parámetros de valoración de las primas en una estructura de esta naturaleza.

Una vez obtenida la información expuesta anteriormente, tanto el gobierno como las aseguradoras están en capacidad de decidir sobre la tarifa de un contrato de exceso

de pérdida. Ahora bien, existen variaciones del contrato de exceso de pérdida, especialmente implementadas por el sistema de reaseguros, en las cuales la prioridad y el límite no están determinados por el monto de la pérdida sufrida por el asegurado, sino por índices de pérdida del mercado de seguros o por parámetros objetivos como el nivel de lluvias o la actividad sísmica, que se utilizan como índices paramétricos o disparadores. Para calcular las primas de estos contratos, se debe establecer una relación entre las pérdidas que se presentan para el asegurado y los factores que determinan la prioridad y el límite.

### **3.5.2 Análisis de optimización financiera**

Las distintas capas de la estructura de retención y transferencia se establecen dependiendo de la capacidad de solvencia de cada uno de los agentes participantes y de la conveniencia en términos de costos para el gobierno de cada una de las distintas fuentes de financiamiento disponibles. Es común observar que para distintos montos de la pérdida acaecida por un desastre los costos de cada fuente de financiación pueden variar. Un ejemplo de esto es el excesivo incremento de las primas de los seguros para las capas de cubrimiento más altas debido al mayor grado de incertidumbre representado por desastres de gran magnitud. Por ello es indispensable establecer los costos de cada una de las fuentes de financiación para distintos montos de pérdida.

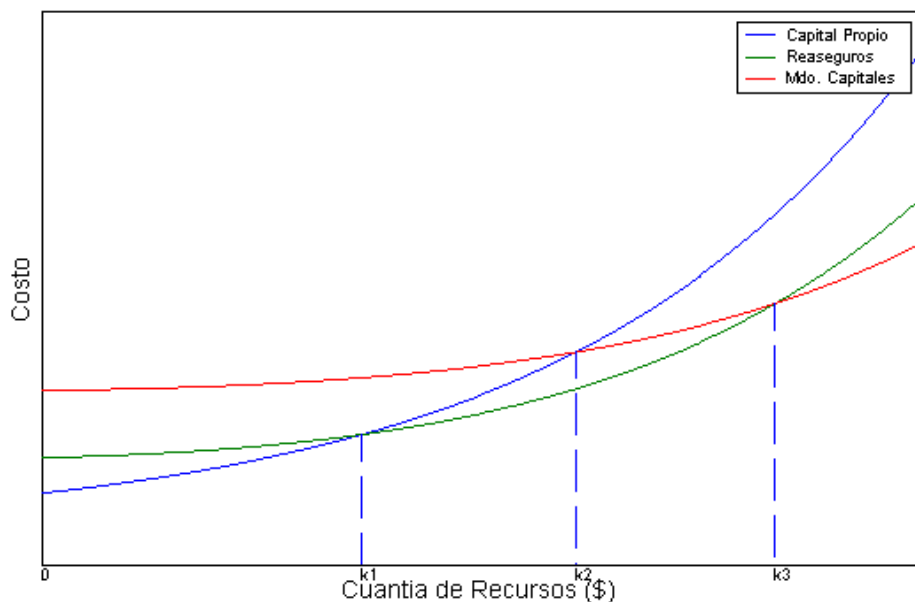
Una vez conocida esta información, es posible mediante algoritmos de minimización de costos establecer la configuración óptima de los distintos mecanismos financieros disponibles dentro de la estructura asignando a cada fuente de financiamiento una capa de cubrimiento. Es decir que una vez que se conocen los costos de las diferentes fuentes de financiación para cada uno de los montos de pérdida probable, es posible establecer los porcentajes óptimos que cada mecanismo debe cubrir. Esta información permite establecer y evaluar las condiciones de los contratos de seguros y reaseguros y la factibilidad de emisión, por ejemplo, de un bono de catástrofe.

Es importante anotar que las condiciones de los mercados de seguros y capitales a nivel global son permanentemente cambiantes por lo que es de vital importancia monitorear constantemente los cambios en los costos de los distintos mecanismos de transferencia del riesgo y opciones de financiamiento. Esto permite a los diseñadores de la política económica aprovechar las distintas oportunidades que ofrece el mercado para diversificar el riesgo y reducir costos.

Una vez se cuenta con información sobre los costos de las fuentes de financiación, se requiere diseñar estructuras de financiación y de ellas seleccionar aquellas que tengan menores niveles de costo pero que cubran un mismo nivel de riesgo. El problema de optimización que se enfrenta es similar al que se presenta en la Figura 3.3.

En esta figura se representan gráficamente los costos de cada una de las fuentes de financiación de las cuales dispone el Estado para cubrir los riesgos por desastre. Se

observa en esta gráfica que no es óptimo financiar la totalidad de los recursos ( $K$ ) a partir de una sola fuente de financiación, y que en ciertos intervalos hay otras fuentes de financiación que pueden resultar menos costosas.



**Figura 3.3. Costos de Financiación.**

Por esta razón es necesario construir una función de costos totales que represente la suma ponderada de las tres fuentes de financiación, así:

$$CT(k) = \alpha CP(k) + \beta RE(k) + (1 - \alpha - \beta) MC(k) \quad (3.1)$$

donde  $CT(k)$  representa la función de costo total (que depende del nivel de capital o cuantía de recursos requeridos),  $CP(k)$  representa el costo de financiarse con Capital Propio,  $RE(k)$  el costo de financiarse vía reaseguradoras y finalmente  $MC(k)$  el costo de financiarse vía Mercado de Capitales. Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  definen la participación que cada una de las fuentes va a tener dentro de la estructura de financiación. Estos parámetros, en el caso del Estado (gobierno nacional o subnacional), son variables de control, ya que representan la decisión de qué instrumento de financiación utilizar en cada una de las capas de posibles pérdidas ante un desastre. Por la definición de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  como porcentajes de participación, se tiene que  $\alpha + \beta \leq 1$ .

Una vez establecidas las funciones de costo de cada fuente de financiación y la función de Costo Total, se procede a realizar la minimización de esta función de costo, controlando los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ . Redefiniendo la función de costo total incluyendo en el dominio los parámetros de control, se tiene:

$$CT(k, \alpha, \beta) = \alpha CP(k) + \beta RE(k) + (1 - \alpha - \beta) MC(k) \quad (3.2)$$

y el problema del Estado se puede definir como:

$$\begin{aligned} & \underset{\alpha, \beta}{\text{Min}} \quad CT(k, \alpha, \beta) \\ & \text{s.a.} \quad \alpha + \beta \leq 1 \quad \alpha, \beta \geq 0 \end{aligned}$$

Existen algoritmos de optimización que permiten hallar el óptimo (en este caso el mínimo) a partir de definir explícitamente la función. Sin embargo en la solución de este problema no se cuenta con una función de Costo Total explícita, sino que se tiene series de datos a partir de los cuales se puede construir numéricamente la forma funcional de  $CP(k)$ ,  $RE(k)$  y  $MC(k)$ . Además, la restricción que tienen los parámetros  $\alpha + \beta \leq 1$  y  $\alpha, \beta \geq 0$  limita el conjunto de valores que estos parámetros puedan tomar. De esta manera, el problema a resolver debe ser tratado a partir de métodos numéricos, hallando los valores de la función Costo Total para diferentes valores de los parámetros  $\alpha, \beta$ . Una vez calculados estos valores con un programa computacional, este mismo debe tener la capacidad de hallar el más pequeño de estos valores de la función de Costo Total, junto con los valores correspondientes para  $\alpha$  y  $\beta$ . Este tipo de análisis se debe realizar con el fin de estimar la estructura de financiación más conveniente u óptima para cada gobierno.

## REFERENCIAS

- Andersen, T. (2003). *Managing Economic Exposures of Natural Disasters: Analyzing Applications of Risk Financing Techniques*.
- Andersen, T. (2002). *Innovative Financial Instruments for Natural Disaster Risk Management*. Inter-American Development Bank. Sustainable Development Department. Technical Papers Series.ENV-140.
- Arámbula, S., Ordaz, M., Yamin, L.E., Cardona, O.D., (2001). “Evaluación de Pérdidas por Sismo en Colombia: Aplicación a la Industria Aseguradora”, Evento: VIII Seminario Internacional y Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Bogotá D.C.
- Banks, E. (2004). *Alternative Risk Transfer: Integrated Risk Management through Insurance, Reinsurance and Capital Markets*. John Wiley & Sons Ltd., Inglaterra.
- Cardona, O.D. (2002). “Retención y transferencia de riesgos” Capítulo 4 de *Gestión del Riesgo Colectivo*; Curso de Gestión Integral de Riesgos y Desastres, Structuralia / CIMNE UPC, Madrid.
- Cardona, O.D. (2005). *Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión de Riesgos: Programa para Latinoamérica y el Caribe. Informe resumido*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Cardona, O.D.; Hurtado, J. E.; Duque, G.; Moreno, A.; Chardon, A.C.; Velásquez, L.S. y Prieto, S.D. (2005a). *Sistema de indicadores para la gestión del riesgo de desastre: Informe técnico principal*. Programa BID/IDEA de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- Cardona, O.D; Lavell, A.M; Mansilla, E.; Moreno, A.M. (2005) *Avances en las estrategias de desarrollo institucional y sostenibilidad financiera de la gestión*

*del riesgo de desastres en América latina y el caribe*. BID, Diálogo Regional de Política sobre Prevención de Desastres. Washington.

Cardona, O.D.; Ordaz, M.G.; Moreno, A.M. y Yamín, L.E. (2004). *Análisis de riesgo de desastres extremos en Colombia con fines de valoración de la exposición fiscal*, Informe del Estudio sobre definición de la responsabilidad del Estado, su exposición ante desastres naturales y diseño de mecanismos para la cobertura de los riesgos residuales del Estado. ACCI, DNP, Banco Mundial.

Cardona, O.D.; Ordaz, M.G.; Moreno, A.M. y Yamín, L.E. (2005). *Obligaciones contingentes del Estado por desastre, requerimiento de recursos y posibilidades de asignación*, Informe del Estudio sobre definición de la responsabilidad del Estado, su exposición ante desastres naturales y diseño de mecanismos para la cobertura de los riesgos residuales del Estado. ACCI, DNP, Banco Mundial.

Cardona, O.D.; Ordaz, M.G.; Moreno, A.M., Arámbula, S. y Yamín, L.E. (2006). Recursos económicos necesarios, posibles fuentes de financiación y estrategias de transferencia y retención del riesgo de desastre en Bogotá D.C. ERN Colombia, estudio para la Secretaría de Hacienda Distrital, el FONADE, el MAVDT y el Banco Mundial, Bogotá.

Cardona, O.D., Yamín, L.E., Arámbula, S. & Molina, L.F. (2002) *Retención y transferencia del riesgo sísmico en Colombia: Evaluación preliminar de una posible estrategia financiera y del mercado potencial*, Universidad de los Andes, CEDERI. Estudio para el DNP y el Banco Mundial.

Carreño, M.L., (2006). *Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Carreño, M.L, Cardona, O.D. (2005). *Riesgo sísmico de Bogotá desde una perspectiva holística*. Informe para proyecto de escenarios de riesgo y pérdidas por terremoto para Bogotá D.C., CEDERI, DPAE, Bogotá.

CEDERI, (2002). “Retención y Transferencia del Riesgo Sísmico en Colombia – Evaluación Preliminar de una Posible Estrategia Financiera y del Mercado Potencial”, Banco Mundial – DNP, Centro de Estudios Sobre Desastres y Riesgos, CEDERI, Universidad de Los Andes. Bogotá DC.

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

- ERN-Colombia, (2006). *Estimación de pérdidas económicas para diferentes escenarios de riesgo en edificaciones públicas y privadas en Bogotá y análisis económico del riesgo residual en el Distrito Capital de Bogotá*, Informes preparados para la Secretaría de Hacienda Distrital, el FONADE, el MAVDT y el Banco Mundial, Bogotá.
- ERN-Manizales, (2005). *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*, Informes preparados para el DNP, ACCI y el Banco Mundial, Bogotá.
- Fabozzi, Frank y Franco Modigliani (2003). *Capital Markets: Institutions and Instruments*. Prentice Hall. Tercera edición.
- Freeman, P., Keen, M y Muthukumara, M. (2003). *Dealing with Increased Risk of Natural Disasters: Challenges and Options*. IMF – International Monetary Fund. Working Paper 03/197.
- Froot, K. (2001). *The market for catastrophe risk: a clinical examination*. National Bureau of Economic Research. Working Paper 8110.
- GAO – United States General Accounting Office (2002). *Catastrophe Insurance Risks: The role of Risk-Linked Securities and Factors Affecting Their Use*. Report to the Chairman, Committee on Financial Services, House of Representatives. No. 02-941.
- Guy Carpenter & Company, Inc. (2003). *The World Catastrophe Reinsurance Market: 2003*.
- DEA (2005). *Sistema de indicadores para la gestión del riesgo de desastre: Informe técnico principal*. Programa BID/IDEA de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>
- ITEC (2004). “Sistema de Información Sísmica de Manizales – SISMan “, Municipio de Manizales, Ingeniería Técnica y Científica Ltda, ITEC Ltda.
- Lewis, C. y Davis, P. (1998). *Capital Market Instruments for Financing Catastrophe Risk: New Directions?.* Journal of Insurance Regulation. Vol. 17, No. 2. Pag. 110.
- Martinez Torre-Enciso, I y Laye, J. (2001). *Financing catastrophe risk in the capital markets*. Int. J. Emergency Management, Vol. 1, No. 1, 2001
- Ordaz, M., (2000). “Metodología para la Evaluación del Riesgo Sísmico Enfocada a la Gerencia de Seguros por Terremoto”, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF.



- Pollner, J. (2001). Managing Catastrophic Disaster Risks Using Alternative Risk Financing and Pooled Insurance Structures. World Bank Technical Paper, No. 495.
- Vargas, E. (2002). Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales, CEPAL.
- Yamin, L.E., Gallego, M., Cardona, O.D., Phillips, C.A. (2004). ,“Recent Advances in Seismic Microzonation Studies, The Manizales-Colombia Case”, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver.

## **Anexo A. Algunas definiciones relevantes del tema**

*Ambigüedad:* En términos de riesgo se refiere a una situación en la cual existe una alta incertidumbre en relación con la probabilidad de ocurrencia de una pérdida específica y su magnitud. Es decir, cuando el riesgo no está bien especificado.

*Amenaza sísmica:* Es una descripción probabilista del tamaño y frecuencia de ocurrencia de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés. Usualmente se cuantifica en términos de probabilidades de excedencia de valores de la aceleración horizontal del terreno en un lapso de tiempo determinado.

*Amplificación de ondas sísmicas:* Es el aumento en la amplitud de las ondas sísmicas, producido por su paso desde la roca hasta la superficie del terreno, a través de los estratos del perfil de suelo.

*Attachment point:* Corresponde al valor acordado a partir del cual se inicia la transferencia de la pérdida de una capa o del total del contrato de transferencia del riesgo. También se le conoce como la prioridad.

*Cautiva:* Mecanismo que es usado para facilitar el autoseguro/reaseguro, la financiación o la transferencia del riesgo; una cautiva es usualmente constituida como una compañía de seguros o reaseguros con licencia y puede ser controlada por un solo propietario o varios (patrocinadores).

*Coaseguro:* corresponde a la participación porcentual del asegurado en el riesgo o, expresado en otros términos, se refiere al porcentaje de retención del riesgo por parte del asegurado.

*Crédito contingente:* Línea de crédito que se arregla con anterioridad de una pérdida y que se establece cuándo uno o varios eventos disparadores ocurren; a diferencia del crédito tradicional esta línea de crédito está definida de tal forma que sólo se

desembolsa para cubrir las pérdidas que se presentan una vez a ocurrido un evento definido previamente.

*Cedente:* parte que trasfiere, o cede, el riesgo a otra parte: también conocido como el asegurado o beneficiario.

*Coaseguro pactado:* Es la proporción del valor asegurado del riesgo que es asumido por el asegurado.

*Colocaciones facultativas por capas:* Son colocaciones donde las responsabilidades de la compañía de seguros y el reasegurador dependen de las condiciones establecidas en cada caso

*Deducible:* Es el valor acordado hasta el cual la parte asegurada debe cubrir la primera porción de la pérdida, es decir hasta la primera prioridad o *attachment point*. Se refiere a un valor expresado en términos porcentuales de la suma asegurada.

*Disparador:* Circunstancia, umbral o barrera en un contrato de transferencia que determina si un evento se ha presentado. Los disparadores fijos usualmente no impactan el valor del contrato, sólo indican si un contrato se debe pagar.

*Disparador índice:* Circunstancia definida en un título o bono vinculado a un contrato de seguros donde la suspensión de los intereses y/o del capital principal ocurre cuando el valor de un índice reconocido de una tercera parte alcanza cierto umbral.

*Disparador paramétrico:* Circunstancia definida en un título o bono vinculado a un contrato de seguros donde la suspensión de los intereses y/o del capital principal ocurre cuando un indicador de daño específico alcanza cierto valor.

*Elemento o miembro estructural:* Componente del sistema estructural de la edificación.

*Elemento o miembro no estructural:* Componentes que no hacen parte del sistema estructural de la edificación, tales como fachadas y muros divisorios de mampostería no reforzada. (Esta definición puede entrar en contradicción con lo que, para fines de ajuste de pérdidas, se considera parte de la estructura. Para fines de ajuste, es parte de la estructura todo lo que no se puede quitar, digamos, en una mudanza. Entonces, las fachadas son consideradas parte de la estructura para estos fines).

*Estructura:* Es un ensamblaje de elementos, diseñado para soportar las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales.

*Exhaustion point:* Corresponde al límite de responsabilidad de una capa de transferencia de pérdidas.

*Fuerzas sísmicas:* Son los efectos inerciales causados por la aceleración del sismo, expresados como fuerzas para el análisis de la estructura.

*Indemnización:* Valor que se paga para cubrir las pérdidas reales que ha experimentado un cedente. Implica la cuantificación de dichas pérdidas mediante un proceso de ajuste.

*Límite agregado:* Es el valor total de indemnización máximo que asumen los reaseguradores como parte de las condiciones de la colocación, durante el periodo de vigencia del reaseguro.

*Límite de responsabilidad:* corresponde al valor límite que asume la aseguradora o el reasegurador para la cobertura de daños. Puesto que se trata de la pérdida máxima para la institución o sociedad mutualista de seguros, esta cantidad debe ser menor o igual a la suma asegurable.

*Microzonificación sísmica:* División de una región o de un área urbana en zonas más pequeñas, que presentan un cierto grado de similitud en la forma como responden a los movimientos sísmicos, dadas las características de los estratos del perfil de suelo.

*Pérdida máxima probable (PMP):* Es un estimador del tamaño de las pérdidas máximas que sería razonable esperar en un portafolio de edificaciones durante la ocurrencia de un evento extremo. Corresponde a la pérdida promedio que ocurriría para un periodo de retorno determinado. Se utiliza como dato fundamental para determinar el tamaño de las reservas que se deben mantener.

*Perfil de suelo:* Son los diferentes estratos de suelo existentes desde la superficie del terreno hasta alcanzar el nivel de roca. El perfil de suelo existente debajo del sitio de la edificación determina sus condiciones de amenaza sísmica local.

*Periodo de retorno,  $T_r$ :* Es el inverso de la tasa de excedencia de pérdidas y representa el intervalo medio de tiempo en el que se espera al menos una vez la ocurrencia de una pérdida dada.

*PMP:* Es el porcentaje de pérdidas esperado de una cartera, correspondiente a un periodo de retorno dado. El PMP se obtiene de la función de pérdida máxima probable resultante del análisis de riesgo sísmico de la cartera. El valor de pérdida monetaria correspondiente al periodo de retorno analizado, resulta de multiplicar el porcentaje de PMP y el valor asegurado total de la cartera en bienes inmuebles, contenidos y lucro cesante.

*Porcentaje de retención:* corresponde al porcentaje del riesgo retenido en la cobertura de daños del valor asegurable. Es la capa o capas que asume el interesado de la pérdida potencial antes de transferir.

*Prima blanket:* Valor único de prima que corresponde a un valor promedio de todas las primas de un portafolio o que expresa que se tiene una valoración promedio del riesgo.

*Prima pura:* También conocida como prima técnica, refleja el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera, suponiendo que el proceso de ocurrencia de los desastres es estacionario y que a los inmuebles dañados se les restituye inmediatamente después de un desastre. Es el valor de la pérdida anual esperada.

*Rate-On-Line ROL:* Se define como la prima sobre el límite de la cobertura de una capa de transferencia de riesgo financiero.

*Reaseguro:* Es la cesión o transferencia al reasegurador de una parte de los riesgos que un asegurador asume frente a los asegurados, mediante contratos de reaseguro.

*Reaseguro automático:* Es el reaseguro contractual para carteras de seguros. En el reaseguro automático el asegurador está obligado a ceder al reasegurador una parte contractualmente estipulada de los riesgos, definidos en el contrato de reaseguro, y el reasegurador está obligado a aceptar esta parte. El reaseguro automático puede ser proporcional y no proporcional.

*Reaseguro de carteras para eventos catastróficos:* Es un tipo de reaseguro no proporcional o en exceso de pérdida, que protege la retención neta de la cartera de las entidades aseguradoras en eventos que afecten simultáneamente varios riesgos individuales objeto del contrato de reaseguro.

*Reaseguro de cuota parte:* Tipo de reaseguro proporcional en el cual el reasegurador asume una cuota fija de todas las pólizas que el asegurador ha suscrito en un ramo determinado. Dicha cuota determina la manera en que el asegurador directo y el reasegurador se dividen las primas y los siniestros.

*Reaseguro de excedente de sumas:* Tipo de reaseguro proporcional en el cual el asegurador directo retiene la totalidad del riesgo hasta un límite máximo de la cuantía asegurada. A partir de ese límite el reasegurador asume el resto de la cuantía asegurada.

*Reaseguro por exceso de pérdida (XL):* En este tipo de reaseguro los importes de las pérdidas son los que determinan la proporción de cesión del riesgo. En esta modalidad de reaseguro el asegurador directo se responsabiliza completamente por la pérdida hasta la cuantía que determina la prioridad independientemente de la cuantía asegurada. Las pérdidas que superan el monto establecido por la prioridad deben ser pagadas por el reasegurador.

*Reaseguro facultativo:* Es el reaseguro de riesgos individuales. El carácter facultativo se refiere a la libre decisión de ceder y aceptar por parte de la compañía de seguros y

el reasegurador, respectivamente. El reaseguro facultativo puede ser proporcional y no proporcional.

*Reaseguro proporcional:* En este tipo de reaseguro las primas y siniestros se reparten entre el asegurador directo y el reasegurado en una relación fija.

*Reaseguro no proporcional:* En este tipo de seguro los siniestros se reparten de acuerdo con las pérdidas que se dan efectivamente. El asegurador directo define una cuantía específica hasta la cual responde por la totalidad de las pérdidas. Esta cuantía es conocida como prioridad o deducible. Cuando las pérdidas superan dicha prioridad el reasegurador debe responder por el pago del resto de estas hasta el respectivo límite de cobertura convenido.

*Reinstalamentos:* Corresponde al número de reestablecimientos de la cobertura fijados por los reaseguradores en la colocación facultativa, los cuales se definen en términos de la cuantía que se reestablezca y el tiempo de vigencia de la cobertura reestablecida.

*Reserva de desviación de siniestralidad, RDS:* Es una reserva especial acumulable para el ramo de terremoto, que se constituye con el 100% de la reserva de riesgos en curso que se libere, de acuerdo con la vigencia de los compromisos.

*Reserva de riesgos en curso, RRC:* Es una reserva que las entidades aseguradoras deben constituir para respaldar las responsabilidades adquiridas en la suscripción de seguros de terremoto.

*Retención del riesgo:* Significa asumir las pérdidas potenciales o tomar el riesgo. Puede ser una estrategia consciente resultado de un análisis de optimización financiera. El autoseguro es una estrategia de retención que consiste en tomar medidas para el control del riesgo y asumir las pérdidas que se puedan presentar.

*Retención neta:* Es el valor asegurado que queda a cargo de la compañía de seguros una vez deducida la responsabilidad de sus coaseguradores y reaseguradores en contratos proporcionales.

*Retención proporcional:* Es una colocación facultativa por capas donde la retención de la compañía de seguros se establece como una proporción del valor asegurado del riesgo.

*Retención no proporcional (Prioridad):* Es una colocación facultativa por capas donde la retención se define como un límite hasta el cual la compañía de seguros asume por cuenta propia el valor de los siniestros.

*Riesgo de base:* Posibilidad de pérdida como resultado de una imperfecta correspondencia entre el valor de las pérdidas probables y el pago compensatorio previsto; es decir, entre el riesgo subyacente y el valor transferido acordado.

*Riesgo moral:* Se refiere a un incremento de la probabilidad de la pérdida por el comportamiento no preventivo y responsable del tomador de un contrato de transferencia de riesgos.

*Riesgo sísmico:* Es una medida de las pérdidas esperadas por sismo, el cual se estima como una combinación de la amenaza sísmica y la vulnerabilidad de las estructuras. El riesgo sísmico de una edificación o una cartera de seguros compuesta por un grupo de edificaciones, se puede expresar en términos de variables como la prima pura de riesgo, la tasa pura de riesgo y la función de pérdida máxima probable.

*Selección adversa:* Situación que se presenta cuando no se puede distinguir entre la probabilidad de pérdida para categorías de riesgos buenos (o de baja vulnerabilidad) y malos (o de alta vulnerabilidad).

*Sismo, temblor o terremoto:* Vibraciones de la corteza terrestre inducidas por el paso de las ondas sísmicas provenientes de una zona donde han ocurrido movimientos súbitos de la corteza terrestre.

*Sismofuente:* Zona donde se originan movimientos súbitos de la corteza terrestre, causados por la concentración de energía sísmica relacionada con procesos tectónicos. En cada sismo fuente actúa un mecanismo generador de sismos particular.

*Suma de los valores retenidos y cedidos equivalente al valor asegurado de la póliza original:* Es una colocación facultativa en donde la suma de los valores retenidos por la compañía de seguros y cedidos al reasegurador es igual al 100% del valor asegurado de la póliza original.

*Suma de los valores retenidos y cedidos menor al 100% del valor asegurado de la póliza original:* Es una colocación facultativa donde la suma de valores retenidos y cedidos se establece con criterios cualitativos y cuantitativos de las probabilidades de ocurrencia de siniestros, tales como la pérdida máxima probable. La suma de valores retenidos y cedidos se define como un porcentaje o una suma monetaria menor del 100% del valor asegurado en la póliza original.

*Tasa Pura de Riesgo, TPR:* Es la tasa técnica que debe aplicarse en un año cualquiera sobre el valor asegurado de un riesgo individual o una cartera, para pagar las indemnizaciones asociadas a la ocurrencia de pérdidas, suponiendo que el proceso de ocurrencia de sismos es estacionaria y que a las estructuras dañadas se les restituye su resistencia inmediatamente después de un sismo.

*Transferencia del riesgo:* Acuerdo o contrato mediante el cual una parte se compromete a tomar el riesgo y pagar las pérdidas que se pueden presentar a un cedente durante un período de tiempo a cambio de una prima de riesgo.

*Valor asegurable:* corresponde en general al valor de reposición. Para el caso de planes que no sean a primer riesgo, se debe considerar como la suma asegurada establecida en la póliza. En el caso de seguros a primer riesgo, este valor corresponde al valor de los inmuebles.

*Vulnerabilidad sísmica:* Es la cuantificación del potencial de mal comportamiento estructural y no estructural de una edificación, así como de sus contenidos, cuando es sometida a sollicitaciones sísmicas. La vulnerabilidad sísmica se representa mediante funciones de vulnerabilidad, las cuales se establecen tanto para las edificaciones, considerando sus elementos estructurales y no estructurales, como para los contenidos.



## **Anexo B. El riesgo aceptable vs. la seguridad pagable**

Riesgo aceptable es un concepto alusivo a un presunto o hipotético acuerdo colectivo acerca de un probable monto de pérdidas tolerables dentro de un determinado lapso de tiempo, que podría ocasionarse por un fenómeno dañino determinado futuro (terremoto, huracán, deslizamiento, erupción volcánica, etc.). El concepto, si bien es susceptible de dimensionarse mediante herramientas matemáticas probabilistas, llegándose –incluso– a representarlo en forma de escenarios de pérdidas probables, no es –al menos de manera explícita– el resultado de un acuerdo social.

El concepto de riesgo aceptable, en general, escapa a la comprensión y al manejo consciente y responsable de los tomadores de decisiones (gobierno), tanto como al de los ciudadanos sujetos a la amenaza de que se trate. Es una entidad, más bien críptica, perteneciente al dominio de los expertos en ciencias físicas y en matemáticas. Y, pese a que la dimensión de un riesgo aceptable pueda llegar a expresarse con la sencillez y la contundencia de un número, su naturaleza y consecuencias seguirá siendo una fantasmagoría para la gran mayoría de los ciudadanos. Y es porque, además de la limitada versación del común acerca de las ciencias, los tomadores de decisiones y los ciudadanos, parece, han delegado en forma implícita en los expertos la definición y el dimensionamiento del riesgo aceptable, motivados por la escasa claridad acerca de sus consecuencias tangibles, tanto en el ámbito privado como en el ámbito social. Por ejemplo, poca sensibilidad despierta entre el público la fijación de un “período de retorno” establecido como parámetro para dimensionar la intensidad del evento que deben considerar, por ejemplo en caso de sismos, los ingenieros para diseñar sus estructuras, o en el caso de inundaciones la altura de los diques o terraplenes de protección, si la medida del riesgo (o, de la seguridad) que ello implica no se le presenta de manera electiva al tomador de decisiones. Es decir, el usuario de esa estructura o de la zona protegida no se halla en posición de elegir legítimamente el nivel de seguridad deseado en su edificación o área inundable, con pleno conocimiento previo de las consecuencias de su elección. De hecho, el Estado ya ha tomado por los ciudadanos esa decisión

cuando se han expedido, por ejemplo, las normas de diseño y construcción sismorresistente. Las estructuras se proyectan para que “razonablemente” puedan soportar sismos muy intensos en el sitio a criterio de los expertos sin poner en peligro, en teoría, la vida de los ciudadanos y tratando en lo posible de proteger indirectamente el patrimonio de los mismos.

Cabe aquí, entonces, la pregunta: ¿debería el riesgo aceptable constituirse en materia elegible por los ciudadanos?. O, de otra manera, ¿debería ser objeto de concertación entre el Estado y los particulares?.

El tema no es simple, una vez que no se ha llegado a un estándar al respecto. Posibles respuestas a esta cuestión, apuntarían hacia la construcción de una reflexión acerca de la seguridad electiva. Escoger la seguridad deseable sería, por complementariedad, definir por sí mismo el riesgo aceptable, en términos individuales de cada cual. Las consecuencias de tal elección deberían, entonces, expresársele al ciudadano que así elige en términos de: valor de la pérdida probable (pague después) vs. costo de la seguridad elegida (pague ahora). De esta forma, la seguridad deseable se vería acotada por la consideración pragmática de la seguridad pagable, con lo cual surge un aparente modelo individual completo de toma de decisiones.

En la práctica, la concreción de un sistema de seguridad electiva conduciría a un instrumento similar al contrato de seguros comercial. Restaría precisar el grado de participación y responsabilidad del Estado en el diseño y regulación de tal instrumento y en su participación como co-asegurador de los riesgos que el ciudadano asume, si este fuera el caso, en favor –ante todo– de los sectores de la población con menor capacidad de pago. Esto implicaría que los códigos de construcción, y otras normativas similares, tendrán que ser revisadas –en consecuencia– en lo tocante con la definición del riesgo aceptable (implícita o explícita, actualmente), migrando hacia un nuevo concepto de riesgo variable vs. costo pagable, elegible por el ciudadano dentro de ciertos límites y condiciones, explícitamente declaradas su libre elección y la aceptación de sus consecuencias. Claramente, un sistema de seguros se podría entonces abstener de asegurar ciertos inmuebles inasegurables (lo que podría generar ciertas presiones) de acuerdo con sus estimaciones o tendrían que estimar primas muy altas a dichos inmuebles, lo que generaría posiblemente ofertas distintas en el mercado y competencia en uno y otro sentido por parte, por ejemplo, de los constructores. El hecho es que actualmente, el riesgo aceptable no es claro para casi nadie, y es el eximente de responsabilidad o culpa en el contrato entre terceros, por ejemplo, de la construcción de edificaciones en las ciudades. Adicionalmente se agrega que dado un nivel de riesgo aceptable muchas edificaciones construidas previamente podrían resultar vulnerables a la luz de dicho referente del Estado y la pregunta que surge es si ¿es necesario reforzar o rehabilitar esas estructuras a los nuevos niveles establecidos?, y si ¿se refuerza a un nivel menor al establecido es inadecuado aunque pueda ser conveniente?.

Este tema amerita una profundización tanto técnica como jurídica y una alta dosis de información pública que ayude a tener claros los conceptos. Aspecto que se escapa del alcance de este trabajo. En la práctica pocas edificaciones cumplen con el nivel de riesgo aceptable establecido tácitamente, por ejemplo en las normas de construcción y en los estudios de amenaza sísmica que se utilizan con las mismas, debido a la informalidad y edad de muchos inmuebles. La pregunta que surge es ¿qué debe hacerse para definir parámetros de riesgo existente y sus respectivas intervenciones correctivas o compensatorias, y parámetros de riesgo futuro y sus respectivas intervenciones prospectivas y prescriptivas?.

## **Anexo C. Aproximación analítica sobre crecimiento y desastres**

Un aspecto central del análisis de la incidencia de los fenómenos naturales en el sistema económico es determinar los efectos de dichos eventos sobre la dinámica de la acumulación de capital. En este sentido, la pregunta que se tiene que hacer es: ¿cómo afecta el nivel y la tasa de crecimiento del PIB per cápita de la economía un terremoto, una inundación o un huracán? La respuesta a dicho interrogante se debe abordar desde una perspectiva teórica y empírica. Desafortunadamente, sólo recientemente el interés de los investigadores se ha dirigido a estudiar las relaciones de la geografía y el desempeño económico. Un primer trabajo sistemático y empírico a nivel internacional sobre el tema ha sido el realizado por Gallup, Sachs y Mellinger (1999). En la misma línea, se inscribe el proyecto del BID dirigido por Gallup, Gaviria y Lora (2003) para los países de América Latina. El propósito de este anexo es presentar algunos modelos canónicos de crecimiento económico en los cuales se involucran los desastres naturales como determinantes de la dinámica de acumulación de capital.

El punto de partida es, por supuesto, el modelo neoclásico de crecimiento estándar. La característica esencial de este modelo es que la tasa de crecimiento económico de largo plazo está determinada por variables exógenas. En efecto, cuando la economía alcanza su equilibrio de estado estacionario, es decir, cuando cesa el proceso de acumulación de capital y todas las variables permanecen constantes en términos per cápita, el ritmo de crecimiento del PIB estará determinado por la tasa de crecimiento poblacional y de cambio tecnológico. La primera depende de factores demográficos, mientras que la segunda se considera como un “mana caído del cielo” o como una “medida de la ignorancia”.

En la medida que los factores de oferta son el núcleo sobre los cuales se construye la estructura del modelo, no es de extrañarse que las variables del lado de la demanda no jueguen ningún papel en la dinámica de largo plazo. Del mismo modo, se puede decir que los choques exógenos como los desastres naturales no afectan el ritmo de crecimiento del PIB en el estado estacionario. Sin embargo, durante el proceso de transición hacia su nivel de largo plazo, pueden incidir sobre el nivel y la tasa de crecimiento del ingreso, pero una vez se alcanza el llamado “estado estacionario”, los determinantes de la tasa de crecimiento del producto son: el cambio técnico y el crecimiento poblacional.

En el modelo neoclásico de crecimiento económico se asume la existencia de una función de producción agregada, con rendimientos constantes a escala en los factores productivos. Por simplicidad se supone que existen sólo dos insumos: el capital y el trabajo medido en unidades de eficiencia. La población crece a una tasa constante  $n$  y el cambio tecnológico lo hace a una tasa  $x$ . El capital se deprecia a una tasa  $\delta$ . La ecuación fundamental de crecimiento se puede expresar en términos per-cápita de la siguiente manera:

$$\dot{k} = s(k, \mu)f(k) - (n + \delta + x)k \quad (C.1)$$

donde,  $k$  es la relación capital-trabajo medida en unidades de eficiencia;  $s(k, \mu)$  es la tasa de ahorro, que depende del *stock* de capital ( $k$ ) y de  $\mu$ , que es la tasa de pérdida de ingreso por desastre;  $f(k)$  es la función de producción intensiva (expresada en términos per-cápita) y  $\dot{k}$  es la tasa de cambio de la relación capital trabajo.

Si la función de producción es bien comportada (cumple con las condiciones de Inada), se puede encontrar un equilibrio de estado estacionario único y estable para el sistema (cuando  $\dot{k}=0$ ). En dicho punto, todas las variables crecen a la misma tasa. De hecho, la tasa de crecimiento del PIB es igual a la tasa de crecimiento poblacional más la tasa de crecimiento del cambio técnico. En este orden de ideas, es claro que los choques negativos exógenos como un terremoto o una gran inundación no afectan la tasa de crecimiento de largo plazo de la economía (Albala-Bertrand 1993/2002). Sin embargo, pueden reducir el nivel de ahorro de la sociedad, y por ende, la cantidad de capital y del producto por persona en el estado estacionario.

Supongamos, que un fenómeno natural tiene un efecto negativo sobre la tasa de ahorro, ello hace desplazar hacia abajo la curva  $sf(k)$ , lo cual reduce el nivel del capital per-cápita del estado estacionario (y por supuesto del ingreso per cápita). Si la economía aún no ha llegado a su equilibrio inerte, el evento puede reducir las tasas de crecimiento del PIB por persona durante el período de transición. El impacto sobre la trayectoria de crecimiento sostenido se puede obtener a partir de la derivada de la función  $\dot{k}=0$  con respecto a  $\mu$ , como lo expresa la ecuación:

$$(s(k, \mu) \frac{df(k)}{dk} + \frac{ds(k, \mu)}{dk} f(k) - (n + x + \delta)) \frac{dk}{d\mu} = - \frac{ds(k, \mu)}{d\mu} f(k) \quad (C.2)$$

El término que acompaña a  $dk/d\mu$  tiene signo negativo siempre y cuando se garantice que la trayectoria de crecimiento equilibrado es localmente estable. Si este es el caso, la relación de capital-trabajo (o el ingreso por persona) disminuye si la derivada de la tasa de ahorro respecto al impacto del desastre es negativa (Atkinson y Stiglitz 1980; Ministerio de Economía y Hacienda 1988). Así las cosas, el modelo básico de crecimiento neoclásico predice una relación inversa entre las pérdidas ocasionadas por un desastre y el ingreso per-cápita. Sin embargo, no establece ninguna relación entre dichos eventos y la tasa de crecimiento de largo plazo de la economía. Sólo recientemente, con los nuevos modelos de crecimiento económico, se ha logrado establecer alguna relación entre los desastres y la tasa de crecimiento del ingreso per-cápita. La nueva generación de modelos se inició con los trabajos pioneros de Romer (1986) y Lucas (1988) quienes lograron hacer endógena la tasa de crecimiento del cambio tecnológico (Aghion and Howitt 1999).

El artificio formal consistió en mantener el supuesto de rendimientos decrecientes, introduciendo en la función de producción un nuevo factor productivo que genere externalidades y rendimientos crecientes en el agregado. El nuevo insumo fue denominado por sus creadores como capital humano en un sentido amplio (educación, salud y conocimiento). Las ideas centrales de la nueva teoría del crecimiento se pueden derivar de un modelo de crecimiento muy simple. Se parte de una función de producción con rendimientos constantes a escala, aunque se asume que el proceso de acumulación de capital no afecta la tasa de rendimiento de la inversión, es decir, el producto medio y marginal del capital permanece constante en el largo plazo. La función de producción se especifica de la siguiente manera:

$$Y = AK \quad (C.3)$$

donde,  $Y$  es el producto,  $K$  es el *stock* de capital. La función se puede expresar en términos per-cápita, normalizando todas las variables por la población  $L$ , que crece a la tasa  $n$ . Se tiene entonces:

$$y = Ak \quad (C.4)$$

donde,  $y=Y/L$ , el PIB per cápita, y  $k=K/L$ , es la relación capital trabajo. Asumiendo que la tasa de ahorro es  $s$  y que se considera constante y utilizando la ecuación de acumulación, se puede expresar la tasa de crecimiento del PIB per cápita como:

$$\gamma = sA - n - \delta \quad (C.5)$$

donde  $A$  es el indicador de escala y tecnología,  $s$  es la tasa de ahorro,  $n$  es la tasa de crecimiento poblacional y  $\delta$  la tasa de depreciación. Por tanto, el nivel del ingreso per cápita en un momento  $t$  se puede expresar en términos exponenciales como:

$$y_t = y_0 e^{(sA-n-\delta)t} \quad (C.6)$$

tomando logaritmos, se llega a:

$$\ln y_t = \ln y_0 + (sA - n - \delta)t \quad (C.7)$$

Como se puede deducir de las expresiones anteriores, cualquier evento que afecte la tasa de ahorro y la depreciación pueden aumentar o reducir tanto el nivel como la tasa de crecimiento del ingreso per cápita de la sociedad. Siguiendo a Ermoliev *et al.* (2000), se asume que los desastres ocurren aleatoriamente en momentos  $T_1, T_2, \dots$  y definiendo  $L_1, L_2, \dots$  como las pérdidas netas de seguros y otras compensaciones se tiene entonces como expresión para el PIB per-cápita:

$$\ln y_t = \ln y_0 + (sA - n - \delta)t - L_1 - L_2 - \dots - L_{N(t)} \quad (C.8)$$

Asumiendo que los desastres naturales no dependen del estado de la economía, que la magnitud de los eventos es aleatoria, idénticamente distribuida con una expectativa matemática de  $\mu$  y que la periodicidad de los eventos tiene una distribución estacionaria con expectativa matemática de  $\lambda$ , se encuentra que la trayectoria del PIB per cápita es:

$$E \ln y_t = \ln y_0 + (sA - n - \delta - \lambda\mu)t \quad (C.9)$$

Esta expresión ilustra con claridad que los desastres naturales recurrentes y aleatorios afectan el ingreso per cápita y su tasa de crecimiento en el largo plazo. En este modelo el canal de transmisión es por medio de un mayor ritmo de depreciación del *stock* de capital (destrucción de puentes, hidroeléctricas, caminos, edificios, maquinaria y equipo, etc.). Como sostienen Ermoliev *et al.* (2000): "...una situación más compleja surge cuando los [impactos] son determinados endogenamente por la dinámica y el patrón espacial del crecimiento. En el caso general, los choques  $L_1, L_2, \dots$  y otros parámetros son afectados por el crecimiento de  $y(t)$ . La tasa de ahorro puede depender del nivel de ingreso y su distribución en la economía. Obviamente, a bajos niveles de ingresos, bajas tasas de ahorro. En este caso los [impactos] pueden reducirlos incluso a valores negativos, es decir, endeudamiento. La trayectoria de crecimiento en tales casos exhibe umbrales y trampas de pobreza".

Si bien desde un punto de vista teórico se pueden modelar rigurosamente aspectos esenciales de los desastres naturales y relacionarlos con la dinámica de crecimiento y desarrollo de los países, el trabajo empírico sigue siendo escaso. Gallup, Gaviria y Lora (2003) encuentran que los desastres pueden tener un efecto negativo sobre las tasas de crecimiento del PIB per cápita de los países de América Latina, después de controlar por variables como el PIB per cápita inicial, el nivel de educación, la expectativa de vida, la apertura comercial, la calidad de las instituciones, la infraestructura física e indicadores de geografía física y humana. Sin embargo, el indicador que utilizan, muertes efectivas, no necesariamente mide con rigor los efectos macroeconómicos de los desastres naturales. Un tratamiento más sistemático

y riguroso es el realizado por Charlotte Benson (2003a). En esta investigación también se encuentra evidencia de que los desastres naturales reducen la tasa de crecimiento de los países, pues pueden afectar el rendimiento de la inversión y la acumulación de capital en el largo plazo.

El manual de evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres de la CEPAL (2003) presenta metodologías para examinar los efectos macroeconómicos tanto de corto como de mediano plazo. Las variables de interés son el PIB, la tasa de crecimiento, la inversión, la balanza de pagos, la inflación y las finanzas públicas. Finalmente, en el trabajo de Freeman *et al.* (2002a), se realiza un ejercicio interesante con métodos de simulación de Monte Carlo para el Salvador, donde ilustran como el rendimiento para un país en términos de crecimiento es mayor si toman seguros para afrontar los desastres frente a otras alternativas entre las que se incluye no asumir ninguna prevención.



## Anexo D. Estimación del gasto sostenible intertemporal

La política fiscal es una secuencia de  $(g, h, d, t)$  y un valor inicial de la deuda  $b_0$ . Donde  $g$  es el gasto en funcionamiento e inversión como % del PIB,  $h$  son las transferencias del gobierno como porcentaje del PIB,  $d$  es el gasto para atender desastres como porcentaje del PIB y  $t$  son los ingresos del gobierno como porcentaje del PIB. Se dice que la política fiscal es sostenible si la deuda no crece a ritmos mayores que la tasa de interés, o de manera equivalente, si la razón de deuda al PIB no crece más rápido que la diferencia entre la tasa de interés real y del PIB, es decir,  $r-\theta$ , donde  $r$  es la tasa de interés y  $\theta$  la tasa de crecimiento del PIB. La condición de sostenibilidad se expresa formalmente como:

$$-b_0 = \int_0^{\infty} (g + h + d - t)e^{-(r-\theta)s} ds \quad (D.1)$$

Esta expresión simplemente dice que la política fiscal es sostenible si el valor presente de los superávits primarios  $-(g+h+d-t)$  descontados a la tasa  $r-\theta$  es exactamente igual al valor de la deuda inicial. Por supuesto, esta condición, ex-post, siempre se cumple. Por tanto, lo interesante es saber si en un momento del tiempo se requerirá un cambio drástico de las variables fiscales, y si es así, determinar cuál es su magnitud. Aprovechando esta idea, se puede hacer la siguiente pregunta: ¿cuál es la tasa constante de gasto para atender desastres ( $d^*$ ) que permite asegurar que la condición de sostenibilidad se cumpla? Para responder a esta pregunta, se debe asumir unas trayectorias para  $g$ ,  $h$  y  $t$ , y luego utilizar la condición de sostenibilidad para determinar el nivel de  $d^*$  sostenible. La condición de sostenibilidad se puede escribir de la siguiente manera:

$$-b_0 = \int_0^{\infty} (g + h - t)e^{-(r-\theta)s} ds + \int_0^{\infty} d^* e^{-(r-\theta)s} ds \quad (D.2)$$

reordenando términos e integrando, se llega a la siguiente expresión:

$$-b_0 - \int_0^{\infty} (g + h - t)e^{-(r-\theta)s} ds = \frac{d^*}{r - \theta} \quad (D.3)$$

despejando y ordenando signos, llegamos a la respuesta de la pregunta:

$$d^* = \left[ \int_0^{\infty} (t - g - h)e^{-(r-\theta)s} ds - b_0 \right] (r - \theta) \quad (D.4)$$

Entonces, se puede definir el indicador el indicador  $d^*-d$ , donde  $d^*$  es el gasto para desastres que cumple la condición de sostenibilidad y  $d$  es el gasto corriente que se requiere para hacer frente a un desastre mayor. Si  $d^*-d < 0$ , se puede concluir que el gobierno no podría asumir todos los costos, excepto si está dispuesto a reasignar gasto, a incrementar impuestos o a endeudarse interna o externamente incumpliendo la condición de sostenibilidad. Como debe quedar claro de la ecuación, para determinar  $d^*$  se requiere información para horizontes infinitos de la tasa de interés real y de crecimiento, como de los flujos de las variables fiscales. Esta exigencia de información obliga a diseñar indicadores para horizontes de tiempo finito. Suponiendo que se desea determinar el nivel del gasto para desastres  $d^*$  constante sostenible para  $n$  años. La idea entonces es que para trayectorias de  $t, g, h$ , el nivel de  $d^*$  garantice que la razón deuda al PIB después de  $n$  años sea igual al saldo de deuda inicial, es decir,  $b_0$ . Utilizando el mismo esquema contable, se llega finalmente a la expresión siguiente:

$$d_n^* = \left[ \left(1 - e^{-(r-\theta)n}\right)^{-1} \int_0^n (t - g - h)e^{-(r-\theta)s} ds - b_0 \right] (r - \theta) \quad (D.5)$$

Si  $n, r$  y  $\theta$  son pequeños,  $d_n^*$  es aproximadamente igual al valor promedio de los superávits primarios durante los  $n$  períodos menos el saldo de la deuda como porcentaje del PIB multiplicada por la tasa de interés real neta de la tasa de crecimiento del PIB, como lo expresa la ecuación una vez solucionada la integral, así:

$$d_n^* = (t - g - h) - b_0(r - \theta) \quad (D.6)$$

## **Anexo E. Responsabilidad residual del Estado en caso de desastre**

Se presenta aquí un procedimiento simple pero robusto con el fin de hacer un soporte conceptual consistente que ilustre como surge la responsabilidad residual del Estado en situaciones de desastre. Para el efecto se definen los siguientes agentes: los hogares, las empresas, el Estado, el sector externo y las compañías de seguros. Los hogares toman decisiones de oferta de trabajo, consumo-ahorro, aseguramiento de sus activos y su portafolio. Las empresas son las dueñas del capital y contratan trabajo para producir bienes y servicios; invierten para aumentar la capacidad productiva de la economía y adquieren seguros contra desastres. El Estado recibe transferencias de las empresas en forma de impuestos, realiza gasto público, otorga subsidios, compra pólizas de seguros contra desastres y emite pasivos monetarios y no monetarios. Las compañías de seguros cobran las primas de los seguros y atienden los pagos sobre las pérdidas de los hogares, el Estado y las empresas. El sector externo realiza donaciones y otorga créditos al gobierno. Finalmente, los fenómenos naturales, cuya acción “ciega” infringen pérdidas a los agentes por concepto de desastres. Ahora bien, “Las operaciones en que se ocupan los agentes deben ser coherentes entre sí. Esta exigencia, que siempre habrá que tener muy presente, podrá traducirse explícitamente por una contabilidad económica de conjunto planteada en términos abstractos”<sup>30</sup>.

En el Tabla E.1 se presentan todas las operaciones de los agentes para el período  $t$  en términos de variables flujo. Las operaciones de la cuenta de capital (CC), incluye todas aquellas acciones del agente que altera sus activos. Las operaciones corrientes (OC), registran todas las otras. La tabla establece la equivalencia normal entre recursos y empleos, ello permite tener un cierre coherente para el período  $t$  a nivel agregado, es decir, la igualdad entre ahorro e inversión. Así mismo, se debe cumplir que la suma de todas las operaciones corrientes del lado de los recursos debe ser igual a la suma de dicha cuenta del lado de los empleos; lo mismo sucede para la

---

<sup>30</sup> Edmond Malinvaud(1986). Teoría Macroeconómica, Alianza Editorial.

cuenta de capital. Por supuesto, también se deben dar las igualdades para cada uno de los agentes económicos.

**Tabla E. 1. Operaciones consolidadas en el periodo  $t$ .**

	Empleos										Recursos									
	Empresas		Hogares		Seguros		Gobierno		Externo		Empresas		Hogares		Seguros		Gobierno		Externo	
	OC	CC	OC	CC	OC	CC	OC	CC	OC	CC	OC	CC	OC	CC	OC	CC	OC	CC	OC	CC
Bienes		pL	pC					pG			pQ									
Trabajo	sN <sup>-</sup>											sN								
Transferencias	Z											R						T		
Donaciones	D <sub>1</sub> <sup>-</sup>									D <sub>5</sub> <sup>-</sup>		D								
Terremoto					PT <sup>-</sup>			GT <sup>-</sup>			CT <sub>1</sub> pTK <sub>1</sub> <sup>-</sup>	CT <sub>2</sub> pTK <sub>2</sub> <sup>-</sup>					CT <sub>4</sub> pTK <sub>4</sub> <sup>-</sup>			
Inundación					PI <sup>-</sup>			GIN <sup>-</sup>			CIN <sub>1</sub> pIK <sub>1</sub> <sup>-</sup>	CIN <sub>2</sub> pIK <sub>2</sub> <sup>-</sup>					CIN <sub>4</sub> pIK <sub>4</sub> <sup>-</sup>			
Seguros	Pr <sub>1</sub> <sup>-</sup>		Pr <sub>2</sub> <sup>-</sup>					Pr <sub>4</sub> <sup>-</sup>					Pr							
Dinero		dM <sub>1</sub>		dM <sub>2</sub>		dM <sub>3</sub>												dM		
Bonos		EB <sub>g1</sub>		EB <sub>g2</sub>		EB <sub>g3</sub>				EB <sub>g5</sub>								EB <sub>g</sub>		
Acciones				EF <sub>2</sub>		EF <sub>3</sub>				EF <sub>5</sub>		EF								
Ahorro	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>		A <sub>4</sub>		A <sub>5</sub>		A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>		A <sub>4</sub>		A <sub>5</sub>	

Ahora es necesario hacer una breve explicación de cada una de las cuentas que aparecen en la Tabla C.1. En la fila de “Bienes” se contempla que sólo las empresas producen los bienes y servicios finales, es decir, el PIB. Este se utiliza como bien de consumo (pC), bien de inversión (pI) y el gasto público (pG). Se considera que el saldo de balanza comercial está en equilibrio ( $X-M=0$ ). La fila de trabajo establece simplemente la igualdad entre ingresos laborales (sN) y los costos variables de las empresas (sN<sup>-</sup>). Las donaciones las realizan las empresas (D1), el sector externo (D5) y las reciben los hogares (D). Los subíndices indican el sector respectivo. Las transferencias (Z) de las empresas se igualan a las rentas no laborales (R) y a los impuestos (T).

Las cuentas de desastres (para el ejemplo, terremotos e inundaciones) muestran la actuación del agente “fenómenos naturales”, que se expresa como las pérdidas de los valores de los activos de los agentes (pTK y pIK). Dichas pérdidas se deberían cubrir con el pago de seguros (PT y PI) y con gasto del Estado (GT y GIN). Las compañías de seguros reciben ingresos por primas (Pr) de los sectores con capacidad de pago: empresas (Pr1), hogares (Pr2) y Estado (Pr3), ello les da derecho a compensaciones por terremoto (CT) y por inundación (CIN). Las filas para el dinero, los bonos y las acciones recogen las acciones de los agentes de emisión de nuevos pasivos<sup>31</sup> y acumulación (des-acumulación) de riqueza financiera. Finalmente, se encuentra la cuenta de ahorro (A) para cada uno de los agentes. Del lado de los recursos, el ahorro aparece en la cuenta de capital (CC), mientras que el de empleos se registra en el de operaciones corrientes. Para el conjunto de la sociedad, la coherencia requiere que se cumplan las siguientes igualdades:

$$pQ = pI + pC + pG \quad (E.1)$$

<sup>31</sup> dM es emisión monetaria, EB<sub>g</sub> es emisión de bonos de deuda pública, EF es emisión de nuevas acciones de las empresas. dM<sub>i</sub> recoge la demanda de dinero del agente i; EB<sub>gi</sub> es la demanda de bonos del gobierno del agente i y EF<sub>i</sub> es la demanda de derechos del agente i.

$$sN^- = sN^+ \quad (E.2)$$

$$Z = R + T \quad (E.3)$$

$$D = D_1 + D_5 \quad (E.4)$$

$$PT + GT = CT1 + CT2 + CT4 - (pTK1 + pTK2 + pTK4) \quad (E.5)$$

$$PI + GIN = CIN1 + CIN2 + CIN4 - (pIK1 + \Delta pIK2 + \Delta pIK4) \quad (E.6)$$

$$Pr1 + Pr2 + Pr4 = Pr \quad (E.7)$$

$$dM1 + dM2 + dM3 = dM \quad (E.8)$$

$$EBg1 + EBg2 + EBg3 + EBg5 = Ebg \quad (E.9)$$

$$EF2 + EF3 + EF5 = EF \quad (E.10)$$

Por tanto, al sumar las cuentas de capital de los cinco agentes, en recursos y empleos, se obtiene la siguiente igualdad:

$$A1 - \Delta pIK1 - \Delta pTK1 + EF + A2 - \Delta pTK2 - \Delta pIK2 + A3 + A4 - \Delta pIK4 - \Delta pTK4 + dM + Ebg + A5 = pI + dM1 + EBg1 + dM2 + EBg2 + EF2 + dM3 + EBg3 + EBg5 + EF5.$$

Definiendo el ahorro global como:

$$A = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 \quad (E.11)$$

Se llega a la siguiente igualdad:

$$A - (pTK1 + pTK2 + pTK4 + pIK1 + pIK2 + pIK4) = pI \quad (E.12)$$

Siempre y cuando se cumplan todas las igualdades (E.1) a (E.10).

El marco contable permite ver como un desastre extremo (o evento catastrófico) afecta el crecimiento de largo plazo de la economía. Si por alguna razón, las pérdidas de capital ocasionadas por un terremoto o una gran inundación, por ejemplo, superan el ahorro global, el stock de capital del país se reduce, es decir, se presenta una inversión neta ( $pI$ ) negativa. De todos modos, es importante observar que incluso cuando se cuenta con las compensaciones financieras y el ahorro necesario para cubrir las pérdidas, la dinámica de la acumulación de capital a nivel global se desacelera. Esto se observa con claridad cuando se asigna el valor de cero a las pérdidas por desastres. En este caso, es obvio que el nivel de inversión neta es mucho mayor, lo cual se refleja en un ritmo de crecimiento más alto.

Para determinar la responsabilidad residual del Estado es conveniente concentrarse en las cuentas de flujos de los hogares. Si se suman las cuentas de las operaciones corrientes del lado de los recursos y empleos se tiene:

$$pC + Pr2 + A2 = sN + R + D + CT2 + CIN2$$

De lo cual se obtiene el ahorro de las familias:

$$A2 = sN + R + D + CT2 + CIN2 - pC - Pr2 \quad (E.13)$$

Ahora se realiza la misma consolidación con la cuenta de capital de lado de los recursos y del empleo o de los usos.

$$dM2 + EBg2 + EF2 = A2 - pTK2 - pIK2$$

De lo anterior, se obtiene el ahorro de los hogares:

$$A2 = dM2 + EBg2 + EF2 + pTk2 + pIK2 \quad (E.14)$$

Igualando las expresiones (C.13) y (C.14) se obtiene:

$$sN + R - pC - Pr2 = (dM2 + EBg2 + EF2) + (pTK2 + pIK2 - D) - CT2 - CIN2$$

Definiendo,  $AA2 = sN + R - pC - Pr2$ , y  $dW = dM2 + EBg2 + EF2$ , se tiene:

$$AA2 - dW = (pTK2 + pIK2 - D) - CT2 - CIN2 \quad (E.15)$$

La expresión (E.15) expresa, sencillamente, que los hogares enfrentan las pérdidas netas de los desastres utilizando donaciones y pago de seguros y por medio de ajustes negativos de su riqueza financiera ( $dW$ ) y de su ahorro ( $AA2$ ). De este resultado se deduce que el Estado debería asistir a los hogares que carecen de riqueza financiera, ahorro y cobertura de los mercados de seguros. En otras palabras, esta es una demostración sencilla pero robusta de que es necesario aparte de cubrir la infraestructura pública por parte del Estado, cubrir las pérdidas causadas por desastres en los hogares más pobres. La población objetivo que reúne dichas características se podría asociar inicialmente con las familias de estratos de más bajos ingresos. En efecto, combinando las expresiones (E.6), (E.7) y (E.15), y suponiendo que las empresas privadas y del gobierno se protegen de las pérdidas por desastres por medio de su ahorro y los seguros, quedan los hogares, de los cuales se puede excluir los estratos altos, quienes cuentan con activos financieros, ahorro y los mecanismos de cobertura de riesgos que ofrece el mercado de capitales. De este modo sólo quedan las familias que carecen de activos financieros, que simultáneamente son racionados por los mercados de capitales y gastan todo lo que ganan, es decir, carecen de ahorros. Por supuesto, si el gasto del Estado no cubre el monto de las pérdidas, los hogares asumirán las consecuencias reduciendo sus activos de capital (bienes durables y casas) ahondando aún más su nivel de pobreza

## Anexo F. Estimación de la participación pública y privada en el stock de capital agregado de la economía

El impacto negativo debido al EMC en un momento  $t$  y en zona  $j$  puede definirse como  $L_t^j$ . Dicha pérdida se puede dividir en términos del stock de capital público y privado, como se expresa:

$$L_t^j = L_t^{jg} + L_t^{jp} \quad (\text{F.1})$$

donde,  $g$  se refiere al stock de capital público y  $p$  al *stock* de capital privado. Dependiendo de la disposición de datos de inversión pública y privada, se podría tener un nivel mayor de desagregación. Es claro que la distribución de las pérdidas en la región  $j$  entre capital público y privado es aleatoria. En la medida que un *EMC* es un evento único y cuya frecuencia es muy baja es prácticamente imposible reconstruir las funciones de distribución de pérdidas entre la riqueza. Un criterio, si bien arbitrario, para distribuir las pérdidas netas del *EMC* es de acuerdo con la participación pública y privada en el *stock* de capital de la forma más desagregada posible.

En América Latina se han hecho esfuerzos para medir el stock de capital agregado. En el trabajo de Hofman (2000) se obtienen cifras desagregadas para varios países. Aunque en este trabajo no se discriminan los derechos de propiedad es factible obtener series de capital si se dispone de la inversión pública y privada. El método que se propone parte de la ecuación de acumulación:

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + I_t \quad (\text{F.2})$$

donde,  $K$  es el *stock* de capital,  $I$  es la inversión y  $\delta$  es la tasa de depreciación. El stock de capital inicial a partir de cual se aplica la expresión anterior, se puede estimar una vez se conozca la relación capital producto ( $K/Y$ ) del año base (por ejemplo 1950). Esta se determina por el promedio de la relación de la Inversión al PIB ( $I/Y$ ) para el periodo de estudio (digamos 1950-2000) dividiendo por la tasa de crecimiento promedio del PIB real y la tasa de depreciación. Después de obtener la serie de capital público y privado, se obtienen la participación para cada año. Dichos coeficientes se aplican para obtener la pérdida pública y privada. Así, si se define  $\beta_t^j$  como la participación del capital público en el total para el año  $t$  de la región  $j$  se tienen las siguientes expresiones para el stock de capital:

$$K_t^{jg} = \beta_t^j K_t^j \quad \text{y} \quad K_t^{jp} = (1 - \beta_t^j) K_t^j \quad (\text{F.3})$$

donde,  $K_t^j$  es el stock de capital total de la región  $j$  en el momento  $t$ .

Para determinar el valor de las pérdidas sobre el capital público ( $K_t^{jg}$ ) y el capital privado ( $K_t^{jp}$ ), se aplica el factor de pérdidas que se obtiene del modelo de riesgo propuesto.

### ***Pérdidas por desempleo***

Los desastres naturales no sólo tienen costos en términos del *stock* de riqueza física de la sociedad. Un terremoto, una inundación o un huracán también generan costos en términos de flujos. En efecto, el evento puede significar un incremento importante de la tasa de desempleo y una reducción grande del ingreso de los sobrevivientes. En este sentido, en las pérdidas también se podría incluir una estimación de este rubro, cuando se trate de evaluaciones determinísticas de impactos potenciales o en el caso de un evento específico que ya haya ocurrido y para el cual se podría tener datos de las decisiones adoptadas por el gobierno o supuestos bien definidos.

Una manera sencilla es estimar el aumento de la tasa de desempleo que se genera por la desviación del PIB de su nivel potencial después del desastre. Esto se puede determinar por medio de la ley de Okun. La idea es estimar por métodos econométricos simples la siguiente relación:

$$u_t = TND - \theta_1 G + \theta_2 Dummy + e_t \quad (\text{F.4})$$

donde,  $u_t$  es la tasa de desempleo observada en el momento  $t$ ;  $TND$  es la tasa natural de desempleo,  $G$  es la desviación porcentual del PIB observado respecto al PIB potencial y  $Dummy$  es una variable que podría captar el efecto de largo plazo sobre el desempleo, la cual toma un valor de 1 en el período del desastre y de 0 en caso contrario.



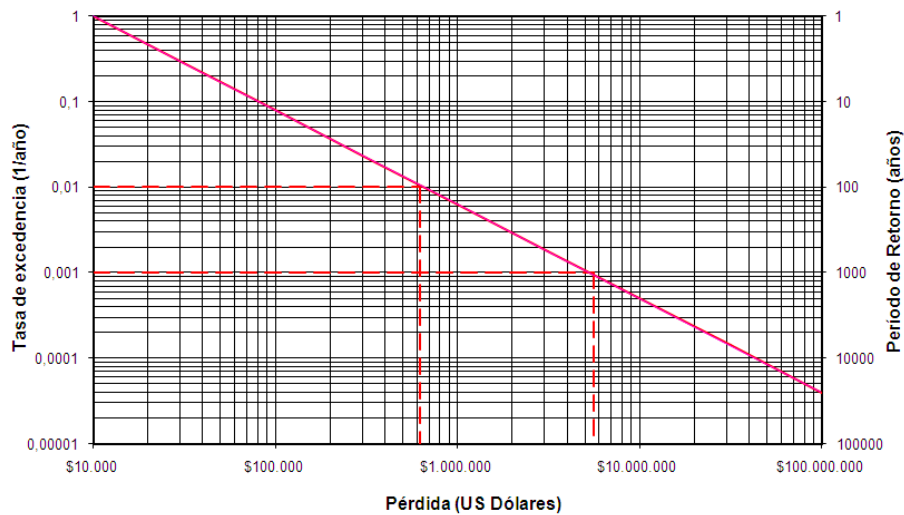
El coeficiente  $\theta_1$  es el parámetro de la regresión que permite determinar el efecto marginal de una reducción del PIB de su nivel potencial;  $\theta_2$  es el coeficiente que mide el aumento en la tasa natural de desempleo como consecuencia del desastre;  $e_t$  es un error con media cero y varianza constante. Entonces se podrían determinar los recursos para atender la población que pierde su ingreso laboral como:

$$\theta_1 * \Delta G * PEA * Sub * n \quad (F.5)$$

donde  $PEA$  es la población económicamente activa de la región  $j$ ,  $Sub$  es el monto del subsidio (seguro de desempleo) y  $n$  es el número de períodos en que se otorga el auxilio.

## Anexo G. Algunas palabras sobre las curvas de tasa de excedencia y períodos de retorno

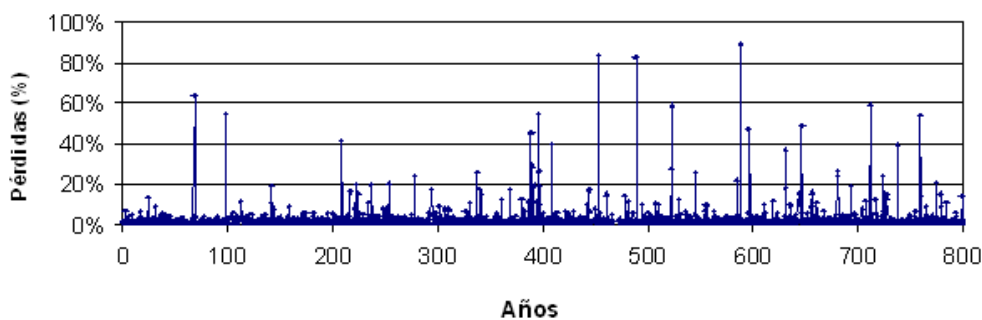
La Figura G.1 describe y da un ejemplo de una curva de tasas de excedencia imaginaria. Indica, por ejemplo, que una pérdida igual o mayor a aproximadamente 600,000 USD ocurrirá 0.01 veces por año o, alternativamente, una vez cada 100 años –su período de retorno. Además, muestra que una pérdida de aproximadamente 5,600,000 USD tiene una tasa de excedencia de 0.001/año, o un período de retorno de 1000 años.



*Figura G. 1. Curva de tasas de excedencia y períodos de retorno de pérdidas económicas en un ejemplo imaginario.*

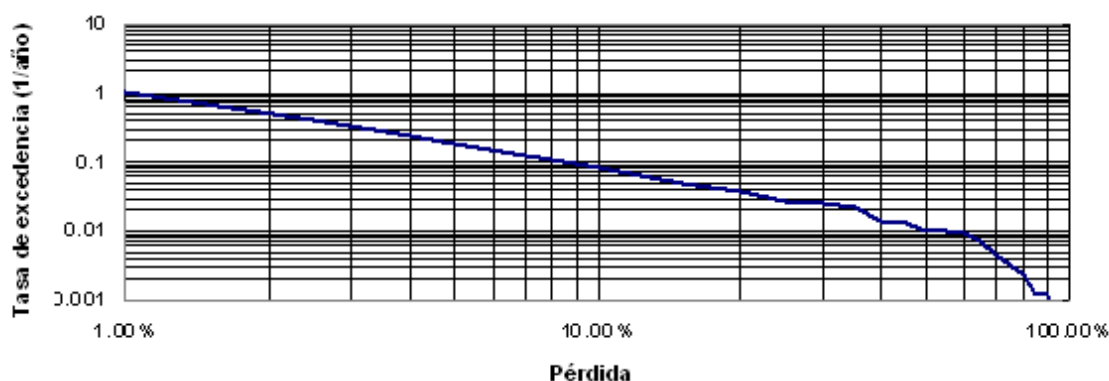
Como se muestra en el Anexo H, bajo hipótesis razonables, una curva como la presentada en la figura G.1 contiene toda la información necesaria para valorar, en el sentido probabilístico, el impacto económico del desastre asociado. La determinación de esta curva requiere un análisis probabilístico completo, cuya descripción está fuera del alcance de este anexo. Sin embargo, aquí se postula que es factible calcular, con métodos aproximados, algunos puntos de la curva de tasas de excedencia de pérdidas económicas, que con buenos indicadores del impacto económico se pueden obtener. En otras palabras se postula que las pérdidas asociadas a períodos de retorno seleccionados son buenas medidas de las pérdidas esperadas, y que pueden ser calculadas como métodos aproximados.

Algunos tomadores de decisiones en forma desprevenida piensan que ayudaría recalcular el *IDD* para pérdidas que ocurren para eventos de 1 en 10 años o para períodos de retorno más cortos porque políticamente es mucho más fácil persuadir al gobierno que necesita de un plan para mitigar el impacto de eventos peligrosos “que puedan ocurrir en el periodo de su administración. La mayoría de los gobiernos no se sienten muy preocupados por *IDDs* para eventos de 1 en 500 años, o incluso *IDDs* para eventos de 1 en 100 años y 1 en 50 años”. La percepción es que el *IDD* se calcula tomando en cuenta pérdidas para largos periodos de retorno (basados en el *EMC*), mientras que en realidad una distribución más normal, incluyendo eventos peligrosos más pequeños, podría producir serios daños en años sucesivos. Algunos pares piensan que hay evidencia de que la expectativa de la frecuencia de eventos peligrosos y el concepto del periodo de retorno “predecible” están siendo puestos a prueba de manera desafiante por los eventos del diario acontecer. Ejemplos incluyen la serie de huracanes en el Caribe y las Filipinas en 2004, la secuencia de inundaciones por desbordamientos y aguas lluvias en Bangladesh a finales de 1980 y finales de 1990, y en China a finales de 1990 y en algunos años anteriores. Para América Latina esta complejidad es peor por la impredecibilidad de los eventos de El Niño/La Niña. En esencia, algunos creen que en cada país hay muchos eventos, y que es bastante factible que eventos menores sean extremadamente dañinos y así mismo desequilibrantes desde el punto de vista financiero, en particular cuando estos eventos son agregados y su mayor frecuencia se toma en cuenta.



**Figura G.2. Pérdidas históricas hipotéticas en una ciudad. Las pérdidas son expresadas como fracción del valor total expuesto.**

Ciertamente, el numerador del *IDD* es un estimador de las pérdidas asociado a periodos de retorno dados (ver discusión más adelante sobre el concepto de periodo de retorno). Estos estimadores son algunas veces llamados “pérdidas probables” o “pérdidas máximas probables” o pérdidas producidas por el “evento máximo considerado o creíble”, y tal vez algunos nombre más. Sin embargo, su significado preciso es el siguiente: Considerando el proceso de ocurrencia de los desastres en el tiempo, ilustrado en la figura G.2 donde se han graficado las pérdidas directas causadas por desastres en una ciudad, en función del tiempo, para los últimos 800 años. Puede notarse que hay muchas pérdidas pequeñas y pocas grandes. Una representación conveniente de los tamaños y frecuencias de ocurrencia de las pérdidas pueden hacerse contando cuantas veces un valor de pérdida dado ha excedido durante los 800 años y luego dividiendo estos números por las observaciones en el tiempo (800 años en este caso). Estas cifras serían entonces el número de eventos por año en el cual un valor de pérdida dado ha sido excedido. Estas cantidades son conocidas como *tasas de excedencia* o *frecuencias de excedencia*, las cuales usualmente son denotadas con  $\nu$ . Para la historia de las pérdidas de la figura G.2 y la figura G.3 muestra la correspondiente tasa de excedencia.



**Figura G.3.** Tasas de excedencia de las pérdidas del proceso mostrado en la figura G.2.

¿Qué valor de pérdida puede ser un buen estimador de una pérdida “grande”? Quizás uno que sea muy poco frecuente. Por ejemplo, para algunas aplicaciones, una vez cada 100 años (que es  $\nu=0.01/\text{año}$ ) puede considerarse que no es lo suficiente infrecuente. Luego, un buen estimador de una pérdida “grande”, en este ejemplo, sería de 55% que es la pérdida que, en promedio, sería excedida una vez cada 100 años. Este es exactamente el significado de esos estimadores: pérdidas que están asociadas a periodos de retorno dados (50, 100 y 500 años en la mayoría de los cálculos aquí realizados), que es, pérdidas que, en promedio serían excedidas cada 50, 100 o 500 años.

Tradiciones, falta de rigor y dificultades en el proceso de comunicación, entre otros factores, contribuyen a oscurecer el significado preciso de algunos conceptos claves. Para cálculos de los índices *IDD* y *IDD'* han sido utilizados estimadores de pérdidas, los cuales a pesar de sus varios nombres, tienen un significado matemático preciso. Estos estimadores son llamados a veces “pérdida máxima probable” o “pérdidas

probables”. Aunque los nombres son bien conocidos, y vienen de sólidos marcos conceptuales, su uso es muy infortunado: la única palabra precisa en esos nombres es “pérdidas”. ¿Cómo deberían ser llamados esos estimadores? La respuesta está abierta al debate. Sin embargo, el significado preciso de esos estimadores debe ser tenido en cuenta.

Ahora asumiendo que se han calculado los estimadores de las pérdidas asociadas al periodo de retorno seleccionado (o periodos). ¿Son esas pérdidas producidas por un solo evento natural en particular? Algunas veces lo son y otras no. Por ejemplo, una ciudad que es afectada por terremotos originados en un conjunto limitado de fuentes sísmicas, puede ser fácil de identificar “el” evento que produce la pérdida asociada a un periodo de retorno de, digamos, 100 años. En otros casos puede ser imposible asociar las pérdidas con un solo evento, porque las pérdidas son producidas, siguiendo el ejemplo del sismo, por eventos provenientes de una diversidad de fuentes. Pero digamos que se puede asociar el valor de la pérdida de 100 años con un solo evento.

Por otra parte, tomando en cuenta otras experiencias, es ampliamente aceptado que el concepto de periodo de retorno ha resultado ser engañoso. De acuerdo con su definición el periodo de retorno de un desastre con una pérdida  $L$  es el tiempo promedio entre eventos que producen pérdidas iguales o mayores que  $L$ . Por ejemplo, si se dice que el periodo de retorno de un desastre que produce pérdidas de 1,000,000 de dólares es de 100 años, lo que se quiere decir es que, en promedio, se debe esperar un desastre con pérdidas iguales o mayores a 1,000,000 cada 100 años. Se puede notar que no implica de ninguna manera cuánto tiempo habría que esperar para presenciar el siguiente desastre de este tipo (el tipo de desastre que produce pérdidas por encima de 1,000,000 de dólares); sólo se está especificando el promedio del tiempo de espera.

De todas formas, tal vez debido a los factores psicológicos relacionados con la percepción del riesgo, las personas parece que creen que si un desastre dado es asociado a un periodo de retorno  $T_R$ , es casi imposible tener un desastre de esta clase en el siguiente año, o en dos años, o, en general, relativamente cerca en el futuro. El concepto de periodo de retorno parece implicar la noción de periodicidad, así que las personas actúan como si creyeran que la probabilidad de tener un desastre del tipo examinado crece mientras el tiempo de espera se aproxima al periodo de retorno. Aunque algunos modelos de ciertos procesos de espera tienen esta particularidad, empíricamente la evidencia muestra que, para en la mayoría de los casos, un modelo de Poisson es la mejor representación del proceso de ocurrencia de los desastres en el tiempo.

Si el tiempo de ocurrencia es Poissoniano (Como se muestra en el anexo H), los tiempos entre los eventos son independientes y exponencialmente distribuidos con un parámetro  $\lambda$ ; esta cantidad es exactamente la tasa de excedencia del desastre o, en otras palabras, el inverso de su periodo de retorno. De esta forma, la probabilidad,  $P_F$ , de tener al menos un desastre de la clase analizada en los siguientes  $T_E$  años

(comúnmente llamado el *tiempo de exposición*) puede ser calculado con la siguiente expresión (ver anexo H):

$$P_F = 1 - e^{-\frac{T_E}{T_R}} \tag{G.1}$$

Por ejemplo, incluso cuando se habla sobre un desastre relativamente poco frecuente –aquel con un período de retorno de 100 años- la probabilidad de tener al menos alguno de estos eventos el año siguiente es aproximadamente del 1% (es, obviamente, no imposible), y la probabilidad de tener este desastre dentro de los próximos 10 años es cerca del 10%. Para un desastre más frecuente ( $T_R=20$  años), la probabilidad de experimentar uno de su clase (o mayor) el año entrante es del 5%, mientras, que el de sufrirlo en 10 años es del 40%. Por referencia, se han incluido algunos de estos valores en la tabla G.1.

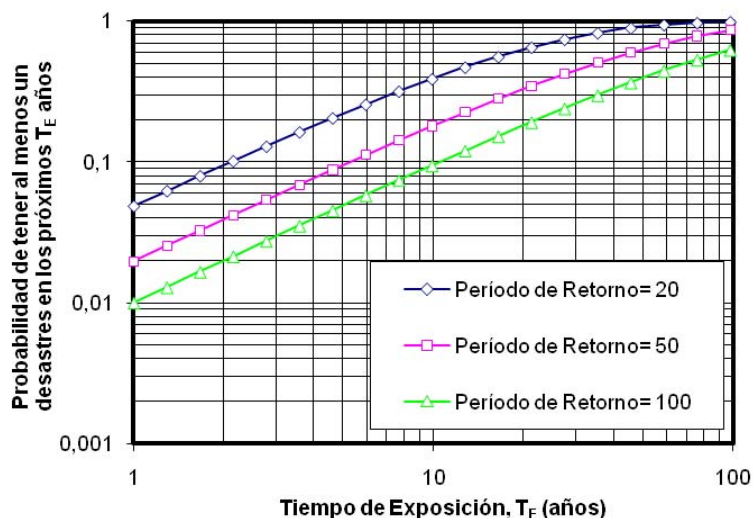


Figura G.4. Probabilidad de tener al menos un desastre de diferentes periodos de retorno en los próximos  $T_E$  años

Tabla G.1. Probabilidad de tener al menos un desastre de periodo de retorno  $T_R$  en los siguientes  $T_E$  años

Tiempo de Exposición, $T_E$ (los siguientes $N$ años)	Periodo de retorno del evento, $T_R$ (años)		
	20	50	100
1	5%	2%	1%
5	22%	10%	5%
10	39%	18%	10%
20	<b>63%</b>	33%	18%
50	92%	<b>63%</b>	39%
100	99%	86%	<b>63%</b>
200	100%	98%	86%

De hecho, el riesgo parece que se percibe como mayor cuando se expresa en términos de probabilidades de excedencia en espacios de tiempo dados (la “probabilidad de ruina” del análisis clásico probabilista) que cuando se especifica en términos del periodo de retorno de la “ruina”. En este sentido, en el contexto de este proyecto, habría sido mejor caracterizar los eventos asociados a periodos de retorno

de 50, 100 y 500 años (los cuales, todos, para algunos revisores, parecen muy lejos en el futuro) con su correspondiente probabilidad de excedencia en un lapso o “ventana” de tiempo dado. Un tiempo de exposición de, digamos 10 a 20 años, parece adecuado, porque es suficientemente cerca en el futuro. La tabla K.2 da estas probabilidades de excedencia para dos casos:  $T_E=10$  y 20 años. Se han incluido periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años. Es necesario anotar que no se usa un evento de  $T_R=10$  años en el estudio. De todas formas, juzgando por los números de la tabla G.2, ahora se considera que este periodo de retorno podría ser mejor, porque una probabilidad de excedencia de 86% hace que el evento “factible” ocurra en los próximos 20 años, mientras una probabilidad de 4% hace el periodo de retorno de 500 años “no factible”. El evento con periodo de retorno de 100 años está en alguna parte en el medio.

**Tabla G. 2. Probabilidad de tener al menos un desastre de periodo de retorno  $T_R$  en los siguientes  $T_E$  años para varias combinaciones de  $T_R$  y  $T_E$ .**

Tiempo de exposición, $T_E$ ( los siguientes N años)	Periodo de retorno del evento, $T_R$ (años)			
	10	50	100	500
10	63%	18%	10%	2%
20	<b>86%</b>	33%	<b>18%</b>	<b>4%</b>

En negrilla se han marcado los valores preferibles de un evento factible, moderadamente factible y poco factible en los próximos 20 años.

En conclusión y pensando en futuros desarrollos, habría sido mejor el uso de eventos con periodo de retorno de 10, 100 y 500 años pero marcándolos como “factibles”, “moderadamente factibles” y “poco factibles” en los siguientes 20 años. Adicionalmente, aunque es importante tener diferentes escenarios de PML o EMC, tal vez es deseable definir un solo periodo de retorno para estandarizar el IDD. En cualquier caso, si la pérdida es calculada para periodos de retorno cortos las pérdidas serían muy pequeñas si son comparadas con la capacidad económica de recuperación o resiliencia de los países; por lo que el IDD debe ser usado sólo para periodos de retorno de eventos peligrosos extremos.

Es importante recordar que los puntajes del IDD se basan en niveles históricos de stock de capital y sus grados actuales de vulnerabilidad. De esta forma la ocurrencia de un desastre en, digamos, un tiempo de 20 años, es factible que este asociado con un IDD mucho más alto, a menos que el nuevo stock o infraestructura cumpla con los estándares de resistencia para resistir los diferentes tipos de amenazas naturales y que haya un incremento sustancial en la cobertura de seguros o se usen otros mecanismos financieros de transferencia del riesgo.

Por otro lado, también es importante destacar la relevancia del IDD'. Este índice usa la pérdida anual esperada (o prima), que es un estimador muy importante, porque mide la cantidad anual promedio de pérdida cuando se contabiliza la frecuencia y severidad de varios niveles de pérdida. El EMC es el valor de un escenario, no es un costo en marcha que pueda reflejarse en el flujo de caja de un análisis financiero. Si los tomadores de decisiones conocen la pérdida anual esperada, pueden incluir este estimador complementario como un gasto operacional en el análisis financiero. De esta forma, el IDD', es ciertamente relevante para periodos de planeación habituales.

En principio, parece razonable pensar que el costo del dinero tiene que ser considerado en el cálculo del *IDD* y el *IDD'*. Parece razonable porque las cantidades pagadas en el futuro deben ser tomadas en el presente con una adecuada tasa de descuento, como se hace en la evaluación financiera de proyectos. La pérdida anual esperada,  $p$ , puede ser calculada como el pago anual en un periodo muy largo, el cual a largo plazo iguala la suma del valor presente de las pérdidas,  $X$ . De todas formas, si se asume la ocurrencia Poissoniana de los desastres, como se ha hecho a lo largo de este proyecto, se tiene (Rosenblueth, 1976) que el valor presente del total de las pérdidas,  $X$ , puede ser calculado como

$$X = E(L) \frac{v_0}{\gamma} \quad (\text{G.2})$$

donde  $v_0$  es el número de eventos en un año,  $\gamma$  es la tasa de descuento y  $L$  es la pérdida en un evento. Por otro lado, se conoce que el factor anual de descuento,  $f$ , tiende a  $\gamma$  cuando el número de pagos tiende a infinito. En consecuencia, la prima es:

$$p = fX = \gamma X = v_0 E(L) \quad (\text{G.3})$$

el cual es exactamente la expresión usada para calcular las pérdidas anuales esperadas para la estimación del *IDD'*.

El costo del dinero en el tiempo no tiene efecto en la estimación de la prima si el proceso de ocurrencia de la pérdida es Poissoniano. No se puede extrapolar este resultado a otros modelos de ocurrencia, pero se puede decir que dado que la hipótesis de Poisson es suficientemente buena para los propósitos, el costo del dinero es un asunto menor. Nótese que la tasa de excedencia usada para la estimación de la pérdida con un periodo de retorno dado, es por definición el número de veces en las cuales tal cantidad ha sido excedida por unidad de tiempo. Dado que esta es una tasa instantánea se considera correcto expresar estas cantidades en “valor constante”. Lo que significa que la pérdida para un periodo de retorno esta expresada en valor presente, así que no es necesario descontarla. Pero sabemos que las ciudades no son estáticas. En vista de esto, la estimación de los índices de riesgo tiene que hacerse periódicamente para tener en cuenta los cambios en las variables del riesgo. Es muy beneficioso para un país que el gobierno establezca mecanismos sostenibles para registrar pérdidas y daños futuros con consistencia y credibilidad. Reconocemos que el costo del dinero en el tiempo puede ser relevante en el análisis financiero de esquemas de generación de fondos para enfrentar desastres. El *IDD* da una medida de una cantidad que sería requerida para un gran evento con baja probabilidad de ocurrencia, pero el *IDD'* es proporcional al promedio de la historia completa de pérdidas. Se puede visualizar que no existe un único camino para medir riesgo. Por esta razón hay una necesidad de considerar ambos índices, para dar suficiente información a los tomadores de decisiones.

Otra posibilidad, para explorar en futuros desarrollos del *IDD*, es la relacionada con la evaluación de la “pérdida frecuente probable”, similar a la antes mencionada



(Porter *et al.* 2004). Puede ser expresada como la pérdida media asociada con la intensidad del fenómenos amenazantes que tiene 10% de probabilidad de excedencia en 5 años, el cual corresponde a un periodo de retorno de aproximadamente 50 años (más exactamente, 47.5 años, asumiendo la ocurrencia Poissoniana de eventos). De cualquier modo, es necesario por conveniencia, como se mencionó, establecer un evento con una intensidad para que sea referido como el evento de base económica. La pérdida media dada de este evento puede ser usada en contraste con el enfoque tradicional de la PMP. Es otra representación, tal vez más entendible, de los estimadores de pérdidas del EMC mencionados para el *IDD*. De todas formas, hay otros buenos medios para definir índices que apunten a expresar el riesgo.

## Anexo H. Relaciones matemáticas entre las tasas de excedencia y otras interesantes y útiles medidas de riesgo

Sea  $\lambda(I)$  la tasa de excedencia de intensidades, definida como el número medio de eventos por unidad de tiempo cuya intensidad es mayor que el valor  $I$ . También sea  $\nu(y)$  la tasa de excedencia de las pérdidas; es decir, el número medio de eventos por unidad de tiempo que produce una pérdida mayor que el valor  $y$ . En general,  $\nu(y)$  se calcula como sigue:

$$\nu(y) = \int_0^{\infty} -\frac{d\lambda(I)}{dI} \Pr(Y > y | I) dI \quad (\text{H.1})$$

donde  $\Pr(Y > y | I)$  es la probabilidad de que las pérdidas sean mayores que  $y$  dado que un evento con intensidad  $I$  ha ocurrido. El cálculo de estas probabilidades involucra el uso de una función de vulnerabilidad que relaciona pérdidas e intensidad en el sentido probabilístico.

El período de retorno de la pérdida  $y$ ,  $Tr(y)$  es definido como el tiempo medio entre eventos que producen pérdidas iguales o mayores a  $y$ . El período de retorno de esta pérdida es el inverso de su tasa de excedencia:

$$Tr(y) = \frac{1}{\nu(y)} \quad (\text{H.2})$$

La distribución de la probabilidad de la pérdida durante el próximo evento,  $P(y)$ , es la probabilidad de que la pérdida sea menos que  $y$  en el próximo evento. Esta distribución esta dada por:

$$P(y) = \Pr(Y < y) = 1 - \frac{v(y)}{v(0)} \quad (\text{H.3})$$

donde  $v(0)$  es el número medio de eventos por unidad de tiempo. Por definición,  $v(\infty)=0$ . La función de densidad de probabilidades de la pérdida durante el próximo evento puede ser obtenida mediante la derivación de la ecuación H.3:

$$p(y) = -\frac{1}{v(0)} \frac{dv(y)}{dy} \quad (\text{H.4})$$

Si el proceso de ocurrencia del evento es del tipo de Poisson, entonces la probabilidad de que la máxima pérdida en un año sea mayor a un valor dado,  $z$ , es la siguiente:

$$\Pr(y_{\max} > z) = 1 - e^{-v(z)} \quad (\text{H.5})$$

También bajo el supuesto de un proceso Poissoniano, la probabilidad de tener al menos un evento produciendo pérdidas igual o mayor a  $y$  en los próximos  $T_E$  años,  $P_0$ , esta dado por:

$$P_0 = 1 - e^{-v(y)T_E} \quad (\text{H.6})$$

De la suposición de Poisson, también se sigue que la función de densidad de probabilidades de los tiempos entre eventos que producen pérdidas iguales o mayores a  $y$  es una exponencial con el parámetro  $v(y)$ , es decir:

$$p_t(t) = v(y)e^{-v(y)t} \quad (\text{H.7})$$

La pérdida anual esperada esta definida como el valor medio de la suma de pérdidas en un año. Esta puede calcularse de la siguiente manera:

$$\bar{y} = v(0) \int_0^{\infty} yp(y)dy \quad (\text{H.8})$$

donde  $p(y)$  esta dado en la ecuación H.4. Reemplazando H.4 en H.8 conduce a:

$$\bar{y} = -\int_0^{\infty} y \frac{dv(y)}{dy} dy = -\int_0^{\infty} y dv(y) \quad (\text{H.9})$$

La ecuación H.9 muestra que la pérdida anual esperada puede ser calculada mediante la integración de la curva de tasas de excedencia de pérdidas.

La pérdida anual esperada en el campo de los seguros se le conoce como la prima pura o prima técnica. Es el valor esperado de la pérdida que se tendría en un año cualquiera, suponiendo que el proceso de ocurrencia de los eventos es estacionario y que a las estructuras dañadas se les restituye su resistencia inmediatamente después del evento (Esteva 1970).

## Anexo I.      **Cómo tener en cuenta las incertidumbres en las funciones de vulnerabilidad**

Tal como está indicado en el anexo H, la tasa de excedencia de las pérdidas puede calcularse con la siguiente expresión:

$$v(y) = \int_0^{\infty} -\frac{d\lambda(I)}{dI} \Pr(Y > y | I) dI \quad (I.1)$$

donde  $\lambda(I)$  es la tasa de excedencia de intensidades y  $\Pr(Y > y | I)$  es la probabilidad de que las pérdidas sean mayores que  $y$  dado que se presente un evento con intensidad  $I$ . La figura M.1 representa un ejemplo de  $\lambda(I)$ , que hace referencia a la amenaza sísmica; en este caso,  $I$  significa aceleración de pico de suelo.

Sea  $V(I)$  la función de vulnerabilidad; es decir, el valor esperado de la pérdida dado que se ha presentado un evento con intensidad  $I$ . Si la función de vulnerabilidad fuese determinística, entonces, dado un evento con intensidad  $I$ , la pérdida sería exactamente igual a su valor esperado,  $V(I)$ , sin incertidumbre. La figura I.1 da un ejemplo de una función de vulnerabilidad para terremoto.

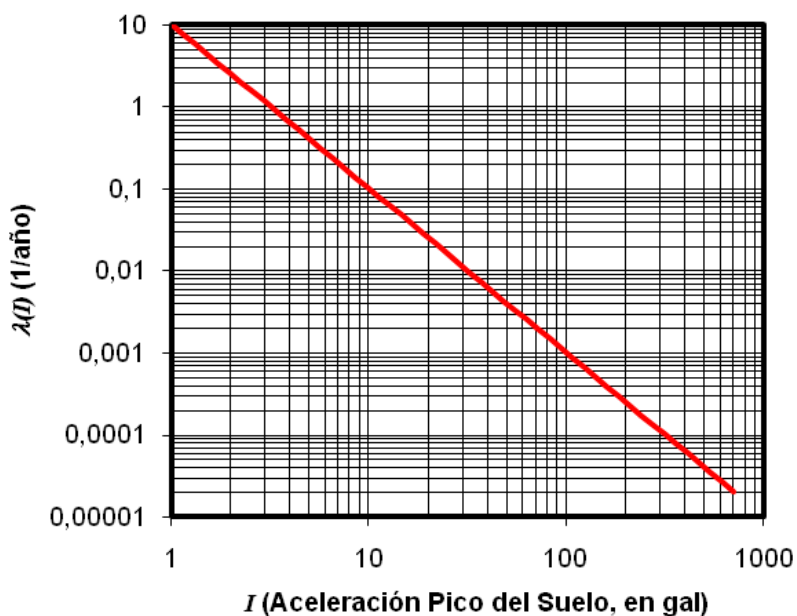


Figura I.1. Ejemplo de tasa de excedencia de intensidades,  $\lambda(I)$

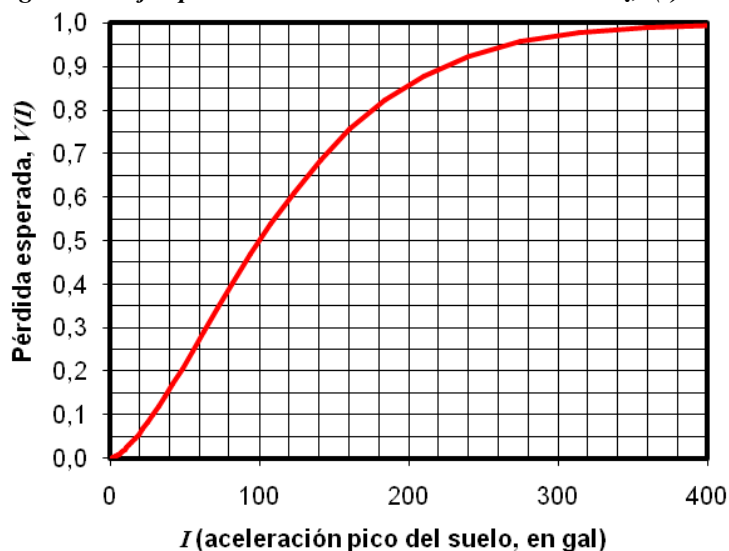


Figura I.2. Ejemplo de una función de vulnerabilidad para terremoto

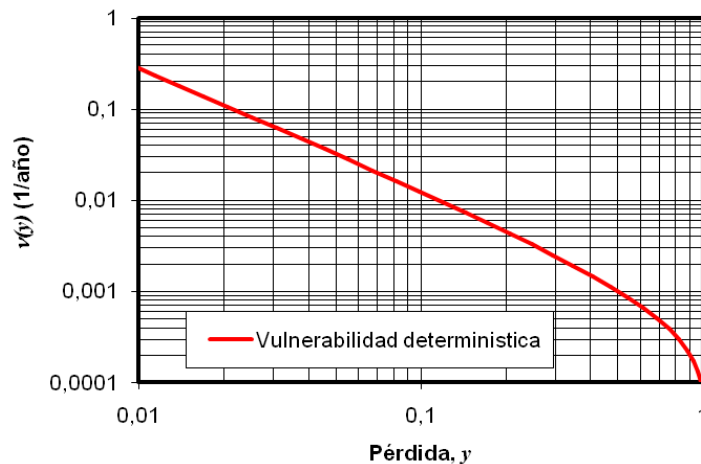
En el caso de una función de vulnerabilidad determinística,

$$\Pr(Y > y | I) = \begin{cases} 0 & \text{if } I < I_c(y) \\ 1 & \text{if } I \geq I_c(y) \end{cases} \quad (I.2)$$

donde  $I_c(y) = V^{-1}(y)$  es la intensidad que (determinísticamente) produce una pérdida igual a  $y$ . Reemplazando I.1 en I.2, se obtiene:

$$v(y) = - \int_{Ic(y)}^{\infty} d\lambda(I) = -[\lambda(\infty) - \lambda(Ic(y))] = \lambda[Ic(y)] \quad (I.3)$$

En otras palabras, la tasa de excedencia de la pérdida  $y$  es igual a la tasa de excedencia de la intensidad que, determinísticamente, produce una pérdida igual a  $y$ . La Figura I.3 presenta un ejemplo de la tasa de excedencia de la pérdida  $y$ , calculada utilizando la tasa de excedencia de intensidades y las curvas de vulnerabilidad con la forma de las figuras I.1 y I.2, respectivamente.



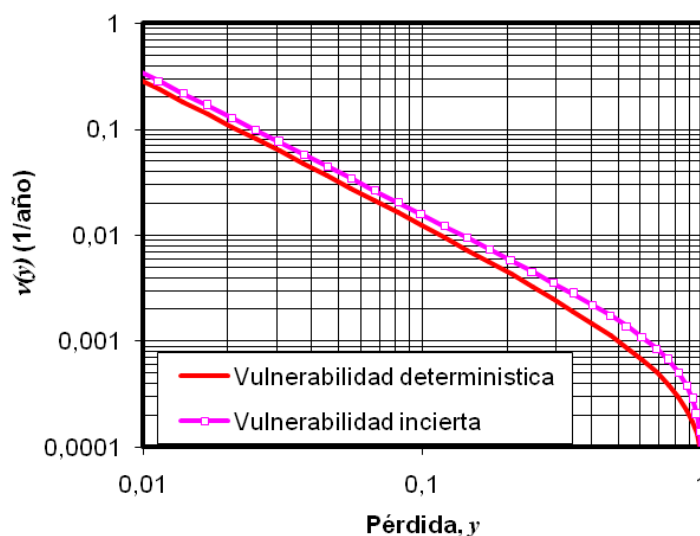
**Figura I.3.** Tasa de excedencia de pérdidas,  $y$ , calculada con la tasa de excedencia de intensidades y las curvas de vulnerabilidad, figuras I.1 y I.2, respectivamente. (La vulnerabilidad ha sido asumida en forma determinística).

No obstante, las funciones de vulnerabilidad no son determinísticas, y la incertidumbre subyacente se debe valorar. Esto se puede hacer formalmente calculando la integral dada en la ecuación I.1, la cual necesitaría un detallado conocimiento de las distribuciones de probabilidad de los estados dañado, o la “fragilidad” de la estructura. Para continuar con el ejemplo, se asume que la fragilidad estructural es conocida, y dada en los siguientes términos. El valor esperado de las pérdidas para una intensidad dada será de nuevo la función de vulnerabilidad de la figura I.2.

La desviación estándar de las pérdidas dada una intensidad será descrita por:

$$\sigma(I) = V(I)[1 - V(I)] \quad (I.4)$$

Aún más, se asume que, dada una intensidad, las pérdidas tienen una distribución Beta con el valor esperado y la variante ya definida. Bajo estas suposiciones, y teniendo en cuenta las incertidumbres en las relaciones de vulnerabilidad, se obtiene la curva de tasas de excedencia de pérdida de la figura I.4, donde se compara esta curva con la obtenida sin tener en cuenta la incertidumbre en la relación de vulnerabilidad.



**Figura I.4** Tasa de excedencia de pérdidas,  $y$ , calculada con la tasa de excedencia de intensidades y las curvas de vulnerabilidad de las figuras I.1 y I.2, respectivamente. (Dos casos se presentan: vulnerabilidades determinísticas e inciertas).

Nótese en la figura I.4 que, para una tasa de excedencia dada o período de retorno, la pérdida asociada para la vulnerabilidad incierta es mayor que la pérdida asociada al caso determinístico, el cual es el efecto usual de la incertidumbre en las funciones de vulnerabilidad. Por lo tanto, es claro que para valorar la incertidumbre, las pérdidas calculadas sin tenerla en cuenta deben ser multiplicadas por un factor mayor a 1. En el texto principal este factor ha sido llamado  $K$ , definido como la relación entre pérdidas asociadas a un período de retorno considerando vulnerabilidad incierta y las pérdidas asociadas al mismo período de retorno pero ignorando la incertidumbre en la relación de vulnerabilidad. La figura I.5 muestra el factor  $K$  en función de pérdidas determinísticas para el ejemplo desarrollado en este anexo.

Como se puede apreciar, el cálculo exacto del factor  $K$  es problemático y requiere de información detallada sobre la fragilidad de la estructura. Dentro del alcance de este proyecto, es poco probable que la información esté disponible. Para resolver parcialmente este problema, se propone la aproximación de primer orden que será descrita en los siguientes párrafos.



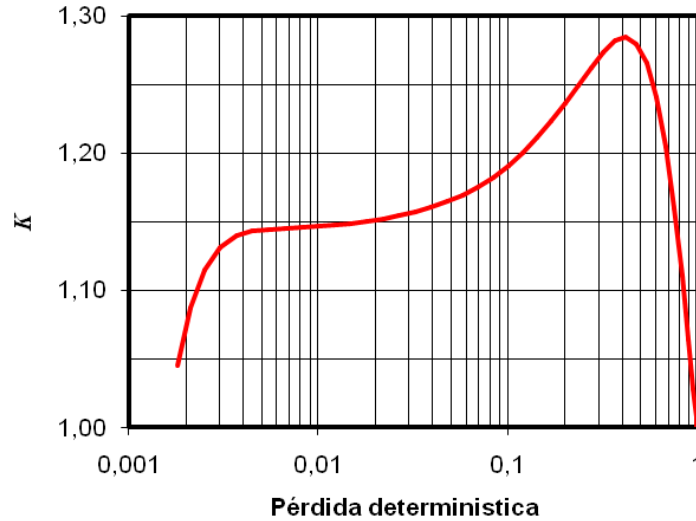


Figura I.5. Factor K, descrito como una función de las pérdidas determinísticas.

Se asumirá que, dado un evento con intensidad  $I$ , las pérdidas tienen la distribución de Rosenblueth (1981), es decir, una función de densidad de probabilidades consistente en dos masas de probabilidades de valores  $P_1$  y  $P_2$  en  $y_1$  y  $y_2$ , respectivamente. Formalmente,

$$p(y | I) = P_1 \delta(y_1) + P_2 \delta(y_2) \tag{I.5}$$

donde  $P_1 + P_2 = 1$  y  $\delta$  es la función Delta de Dirac. Bajo estas suposiciones

$$\Pr(Y > y | I) = \begin{cases} 0 & \text{if } y < y_1 \\ P_1 & \text{if } y_1 \leq y < y_2 \\ 1 & \text{if } y \geq y_2 \end{cases} \tag{I.6}$$

de donde se sigue que

$$v(y) = - \int_0^{I_1} \frac{d\lambda(I)}{dI} 0 dI - P_1 \int_{I_1}^{I_2} \frac{d\lambda(I)}{dI} dI - \int_{I_2}^{\infty} \frac{d\lambda(I)}{dI} dI \tag{I.7}$$

donde  $I_1 = V^{-1}(y_1)$  y  $I_2 = V^{-1}(y_2)$ . De la ecuación I.7, y recordando que  $\lambda(\infty) = 0$ , la siguiente expresión puede ser obtenida:

$$v(y) \approx P_1 \lambda(I_1) + P_2 \lambda(I_2) \tag{I.8}$$

La ecuación I.8 es una aproximación al valor exacto de  $v(y)$ . Sin embargo, se puede apreciar que esta aproximación es más fácil de calcular que el valor exacto. Si, como es común, la pérdida dada una intensidad se asume que tiene una distribución Beta, entonces  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $y_1$  y  $y_2$  se pueden calcular con las siguientes expresiones:

$$y_1 = \frac{a^2 + a(b+2) + b + 1 - \sqrt{(a+1)(b+1)(a+b+1)}}{(a+b+2)(a+b+1)} \quad (\text{I.9})$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \frac{ab(a+b+2)^2}{((a^2 - b - b^2 + a)u + (a+b)^2 + ab^2 + a^2b + a + b)(a+b)} \quad (\text{I.10})$$

$$u = \sqrt{\frac{(a+1)(b+1)}{a+b+1}} \quad (\text{I.11})$$

$$P_2 = 1 - P_1 \quad (\text{I.12})$$

$$y_2 = \frac{1}{P_2} \left( \frac{a}{a+b} - P_1 y_1 \right) \quad (\text{I.13})$$

donde  $a$  y  $b$  son los parámetros de la distribución Beta relacionada al valor esperado de la pérdida y su varianza de la siguiente manera:

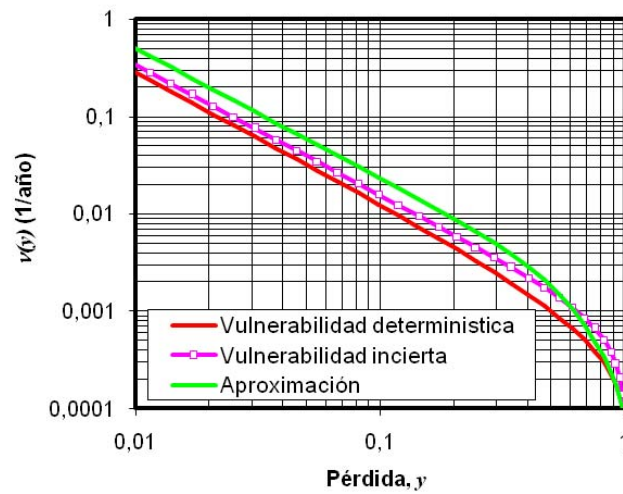
$$a = \frac{1 - V(I) - V(I) C^2(I)}{C^2(I)} \quad (\text{I.14})$$

$$b = a \left[ \frac{1 - V(I)}{V(I)} \right] \quad (\text{I.15})$$

donde

$$C(I) = \frac{\sigma(I)}{V(I)} \quad (\text{I.16})$$

En la figura I.6 se presenta un ejemplo de la tasa de excedencia de pérdidas calculada con la aproximación descrita.



**Figura I.6** Aproximación a la tasa de excedencia de pérdidas calculada usando la distribución de Rosenblueth. Es comparada con el valor exacto ("Vulnerabilidad incierta") y el caso de vulnerabilidad determinista.

## **Anexo J. Acumulación de obligaciones de vigencias anteriores**

Determinar el monto de recursos que se puede obtener por reasignación presupuestal implica conocer detalladamente el proceso presupuestal de cada país. Es decir, las normas y las instituciones que definen la asignación de recursos del gobierno nacional y subnacional. Se debe tener presente que el presupuesto de un determinado año debe tratar con apropiaciones que por diversos motivos corresponden a vigencias pasadas. Este hecho hace que sea necesario tener en cuenta este aspecto, de ser posible, para determinar el gasto discrecional (inversión) que se puede reasignar en un momento dado. El proceso de manera general se puede subdividir en las siguientes etapas:

1. Apropiaciones: que pueden ser modificadas durante el año fiscal, pueden aumentarse, reducirse y transferirse entre partidas
2. Compromisos: cuando se suscriben contratos formales
3. Obligaciones: cuando el trabajo se ha terminado y se entregan los bienes y servicios, y se emiten las facturas respectivas
4. Pagos: cuando la tesorería emite los cheques
5. Efectivo: cuando los cheques se cobran

Al finalizar un año fiscal, no todos los trabajos están culminados, es decir, se han generado compromisos pero no obligaciones, a estos rubros se les denomina en algunos países “reservas de apropiación”, las cuales mantienen su vigencia para el siguiente período. En los casos cuando los trabajos se terminan y se entregan pero los cheques no se han girado, se acumulan “cuentas por pagar” que se mantienen vigentes para el siguiente año fiscal. Esto es lo que se conoce como deuda flotante. La acumulación ínter temporal de estas obligaciones restringe los grados de libertad del gobierno. Finalmente, están las algunas veces denominadas “vigencias futuras”, que consisten en autorizaciones de compromisos de proyectos que duran más de un período fiscal.

De allí que para determinar el monto de gasto discrecional se deban tener en cuenta (restar) estos ítems del presupuesto de gasto:

Gasto Total - Gasto de Funcionamiento - Amortizaciones - Intereses de deuda privada (nacional y externa) - Deuda Flotante = Gastos de Capital + Intereses de deuda externa con agentes multilaterales + Vigencias Futuras.

Así se propone que las reasignaciones de gasto contemplen los Gastos de Capital, la posible suspensión de pagos de intereses de deuda externa con organismos multilaterales y las vigencias futuras. El porcentaje de estos rubros podría determinarse en proporción a su costo de oportunidad.

## Anexo K. Estimación de recursos por impuesto a transacciones financieras

Los recursos derivados de un impuesto del  $x$  por mil a las transacciones financieras se pueden estimar a partir de la ecuación cuantitativa de Fisher:

$$MV = PT \quad (\text{K.1})$$

Donde,  $M$  es la cantidad de dinero;  $V$  es la velocidad del dinero;  $PT$  es el valor de las transacciones. Se asume que la base gravable del impuesto para el sector productivo  $i$  es una proporción constante de  $PTi$ , esto es,

$$BGi = \sigma(PTi) \quad (\text{K.2})$$

por tanto, los ingresos tributarios por concepto de las transacciones del sector  $i$  son:

$$Ti = t(BGi) = t(\sigma(PTi)) \quad (\text{K.3})$$

donde  $BGi$  es la base gravable,  $Ti$  son los ingresos tributarios,  $t$  es la tasa del  $x$  por mil (2 por mil, por ejemplo) y  $\sigma$  es un parámetro que se puede determinar arbitrariamente.

Podría incluso simplificarse más el cálculo si se asume que el ingreso del sector  $i$  es:

$$Yi = \zeta(PTi) \quad (\text{K.4})$$

es decir, una proporción de las transacciones totales. Se tiene por tanto que los ingresos del  $x$  por mil para el sector  $i$  son:

$$Ti = t(Yi(\sigma/\xi)) \quad (\text{K.5})$$

asumiendo  $\sigma=1$ , se pueden calcular los ingresos por sectores por medio de la matriz insumo producto como lo propone Rodríguez (2003).

## Anexo L. Análisis de la situación financiera externa del país

En relación con el crédito externo si bien existe un cierto grado de incertidumbre, es posible estimar los montos que se obtendrían por medio del análisis de la situación financiera externa del país. Los indicadores de vulnerabilidad convencionales son:

- Reservas / amortizaciones del año en curso o siguiente
- Reservas / servicio de la deuda externa total
- Reservas / (amortizaciones + déficit en cuenta corriente)

Los mercados internacionales observan las características del país y sus indicadores. Si estos reportan valores muy inferiores de 1, esto podría indicar serios problemas de liquidez e incluso de solvencia, lo que cerraría el mercado de capitales como fuente de recursos para el país. Los organismos multilaterales son otra fuente de recursos externos, que en general mantienen las líneas de crédito abiertas, sin embargo el monto factible depende también de las condiciones internas y financieras del país.

Una manera de estimar el monto de deuda externa que se podría obtener es calculando el nivel de endeudamiento en moneda extranjera que cumpla con la condición de sostenibilidad externa. Se parte de la identidad básica fundamental de flujos y *stock* para una economía abierta y relativamente pequeña:

$$e_{t+1}F_{t+1} = (1 + r^*)e_tF_t - BC_t \quad (L.1)$$

donde,  $e_t$  es el inverso de la tasa de cambio real promedio,  $r^*$  es la tasa de interés internacional,  $F_t$  es la deuda externa,  $BC_t$  es la balanza comercial medida en unidades monetarias nacionales reales. Resolviendo recursivamente esta ecuación se llega a la siguiente expresión:

$$F_t = \sum_{j=0}^{\infty} \left[ \prod_{k=0}^j (1 + r_{t+k}^*) \right]^{-1} BC_{t+j} + \lim_{T \rightarrow \infty} \left[ \prod_{k=0}^j (1 + r_{t+k}^*) \right]^{-1} e_{t+T} F_{t+T+1} \quad (L.2)$$



Como ningún país puede mantener un juego tipo Ponzi, es decir, cancelar su deuda con nuevo endeudamiento extranjero por siempre, pues los inversionistas extranjeros le imponen un límite al *roll over* de la deuda, el país tendrá que pagar al final todas sus obligaciones. Ello quiere decir que el valor presente de la deuda externa nacional en el fin de los tiempos debe ser cero. En la ecuación L.2 eso significa que el segundo término del lado derecho de la ecuación es igual a cero. Por tanto, la condición de sostenibilidad externa se reduce a:

$$F_t = \sum_{j=0}^{\infty} \left[ \prod_{k=0}^j (1 + r_{t+k}^*) \right]^{-1} BC_{t+j} \quad (\text{L.3})$$

La ecuación L.3 expresa que las obligaciones externas de un país son sostenibles cuando los superávits comerciales, en valor presente, son iguales a los pasivos extranjeros actuales. El test econométrico de la sostenibilidad externa implica que la cuenta corriente debe ser una variable estacionaria. Sin embargo, se puede encontrar el valor de la deuda externa sostenible. El indicador se construye normalizando todas las expresiones por el PIB. Se puede definir dicho nivel como se indica:

$$\bar{f} = \frac{bt_t}{r_t^* - q_t - \theta} \quad (\text{L.4})$$

donde,  $q_t$  es la apreciación real de la moneda doméstica,  $bt$  es el saldo de balanza comercial como porcentaje del PIB,  $\bar{f}$  es la deuda externa sostenible como porcentaje del PIB,  $r^*$  la tasa de interés internacional y  $\theta$  la tasa de crecimiento del producto. Si en el momento del desastre se cumple que  $\bar{f} - f > 0$ , donde  $f$  es el monto de deuda externa como porcentaje del PIB efectiva, el país podría endeudarse por esa diferencia.

### **La frontera de sostenibilidad: un indicador alternativo**

Uno de los problemas más graves que pueden impedir utilizar el indicador de endeudamiento externo sostenible es su alta sensibilidad a cambios erráticos de la tasa de cambio real y la tasa de interés real. En efecto, durante la década de los ochenta los países de América Latina sufrieron grandes choques exógenos que generaron una gran inestabilidad macroeconómica, adicionalmente a ello se sumó la crisis de la deuda externa y las hiperinflaciones. En este contexto, las tasas de interés real fueron negativas y los tipos de cambio sufrieron una gran volatilidad. Como los indicadores son aproximaciones válidas cuando dichas variables presentan variaciones “normales” en algunos casos los resultados pueden ser poco confiables.

Del mismo modo, el indicador de crédito monetario interno no se podría usar en un período como el antes comentado, pues se implementaron cambios institucionales que invalidan cualquier supuesto razonable sobre el acceso de recursos de endeudamiento interno. Sobre el particular, vale la pena mencionar la independencia de los Bancos Centrales que impiden que el gobierno acceda a crédito monetario

directo. Por estas razones, una alternativa válida es utilizar o verificar con otro indicador que se conoce como la frontera de sostenibilidad.

Se parte de la siguiente definición de sostenibilidad: un saldo de deuda pública es sostenible cuando se satisface la siguiente condición:

$$\left(\frac{D}{Y}\right)_t \leq \left(\frac{D}{Y}\right)_0 \quad (\text{L.5})$$

donde:

$D > 0$ ; es la deuda pública al final del año (0 y t)

$Y$ , es el Producto Interno Bruto en 0 y t

Esta condición indica que la deuda pública se define como sostenible cuando la razón  $D/Y$  decrece, o se mantiene constante. Derivando con respecto al tiempo, la condición anterior es equivalente a:

$$\frac{\theta}{g} \frac{D}{Y} \leq \frac{D}{Y} \quad \text{con } \theta < g \quad (\text{L.6})$$

donde,  $\theta$  es la tasa de crecimiento nominal de la deuda pública y  $g$  la tasa de crecimiento del PIB. Adicionalmente, se utilizan las definiciones convencionales de déficit fiscal ( $S$ ) y déficit primario ( $Sp$ ). Formalmente:

$$S = -\Delta D = T - G - iD \quad (\text{L.7})$$

$$Sp = T - G = S + iD = -\Delta D + iD \quad (\text{L.8})$$

Donde,  $\Delta D$  es la variación absoluta de la deuda pública,  $T$  los ingresos totales,  $G$  los gastos totales (netos de intereses),  $i$  la tasa de interés y  $D$  la deuda pública. Expresando las identidades anteriores en términos del PIB ( $Y$ ), se tiene:

$$\frac{S}{Y} = -\frac{\Delta D}{D} \frac{D}{Y} = -\theta \frac{D}{Y}, \quad (\text{L.9})$$

$$\frac{Sp}{Y} = \frac{S}{Y} + i \frac{D}{Y} = (i - \theta) \frac{D}{Y}$$

Para obtener la frontera de sostenibilidad se comparan las condiciones (L.6) y (L.9) y se llega a la siguiente condición que relaciona el déficit primario (neto de intereses) y la razón deuda a PIB:

$$\frac{Sp}{Y} > (i - g) \frac{D}{Y} \quad (\text{L.10})$$

donde,

$Sp$  es el superávit primario  
 $i$  es la tasa de interés  
 $g$  es la tasa de crecimiento del PIB.

Esta expresión algebraica se puede representar en un diagrama sencillo de dos dimensiones que aclara el significado de las condiciones de la frontera de sostenibilidad (Pasinetti 1998). Para el ejercicio se prefirió trabajar con una tasa de interés de 10% y con la tasa promedio de crecimiento real. La razón es que durante varios períodos las tasas de interés fueron negativas y las tasas de crecimiento del PIB nominal presentaron grandes fluctuaciones. Se utilizaron los promedios de cinco años adelante para el déficit primario y para las tasas de crecimiento, con ello se pretende realizar un cálculo contrafactual que consiste en suponer que si se produce un evento catastrófico en el período  $t_0$ , el país podría acceder a crédito adicional dependiendo de la condición que establece la frontera de sostenibilidad.

Así las cosas, si el país se encuentra dentro de la frontera, entonces, dados los parámetros promedios de cinco años adelante, se empieza a aumentar el monto de deuda factible hasta el punto en el cual el país se sale de la frontera, en ese límite, se para y se supone que el monto de deuda factible es el que se podría obtener si las condiciones se mantuvieran por 5 años. Por tanto, la deuda nueva es el monto total dividido por cinco. Para decidir la composición entre endeudamiento interno y externo se asume que el gobierno determina 50% para cada uno. De esta manera se obtiene el valor del nuevo endeudamiento factible externo e interno si se produce una catástrofe en el año  $t_0$ . Ahora bien, si el país se encuentra por fuera de la frontera de sostenibilidad se asigna un valor de nuevo crédito igual a cero.

## Anexo M. Aproximación para determinar el acceso a crédito interno

Una aproximación para determinar el acceso del gobierno a recursos de crédito interno es restringirse al sector bancario (lo cual supone que otros agentes no puedan ofrecer recursos al gobierno). La idea es determinar el monto del crédito del sector bancario al sector privado antes del desastre y luego introducir un nuevo rubro de inversión en bonos de deuda pública para atender el desastre como % del monto total de depósitos del sector bancario. A partir del Balance Financiero del Sistema se puede establecer la siguiente identidad:

$$D+A = F_p+R \quad (\text{M.1})$$

donde,  $D$  corresponde a los depósitos de todo tipo (ahorros, cuenta corriente, CDT),  $A$  son redescuentos del Banco Central,  $R$  reservas en el emisor y  $F_p$  crédito al sector privado. Haciendo algunas adecuaciones y redefiniendo términos, se puede expresar que el crédito al sector privado está dado por la ecuación:

$$\hat{F}_p = \frac{(1-r)}{(1-d)(e+r)} B \quad (\text{M.2})$$

donde,  $r=R/D$ , razón de reservas  $R$  a depósitos  $D$ ;  $d=A/F_p$ , razón de redescuentos  $A$  a crédito al sector privado  $F_p$ ;  $e = E/D$ , razón de efectivo  $E$  a depósitos  $D$ ; y  $B$  es la base monetaria. Los coeficientes se pueden estimar por medio de promedios para un período determinado y así obtener el valor del crédito al sector privado antes del impacto negativo. Una vez se produzca el desastre el gobierno podría acudir al sector bancario para obtener recursos líquidos. Se asume que el monto se expresa como % de los depósitos del sistema,  $b=B/D$ . Entonces, la expresión M.2 se convierte en:

$$\hat{F}_p = \frac{(1-r-b)}{(1-d)(e+r)} B \quad (\text{M.3})$$

De esta expresión se puede determinar  $b$  como proporción de los depósitos, dado el  $F_p$  por la ecuación sin que se haya presentado el desastre.

## Anexo N. Derivación de las reglas de agregación de pérdidas propuestas

Se desea obtener la pérdida económica total en un país con un período de retorno  $T_r$  debido a desastres naturales. La tasa de excedencia de las pérdidas para la  $i$ -ma ciudad se puede modelar como:

$$v_i(y_i) = K_i(y_i)^{\rho_i} \quad \rho_i < 0 \quad (\text{N.1})$$

donde  $y_i$  es el valor de la pérdida en la ciudad,  $K_i$  y  $\rho_i$  son parámetros de la función de la tasa de excedencia de pérdidas. El valor de  $\rho_i$  es la pendiente de la curva  $v_i$  versus  $y_i$  en escala logarítmica. Suponiendo que se conocen las pérdidas para las ciudades más importantes en el país para el período de retorno  $T_r = 1/v_0$ . El valor  $K_i$  puede ser calculado de N.1:

$$K_i = \frac{v_0}{(p_i)^{\rho_i}} \quad (\text{N.2})$$

donde  $p_i$  es la pérdida en la  $i$ -ma ciudad con período de retorno  $T_r$ . Considérese que hay dos ciudades en el país y están suficientemente lejos como para que sus pérdidas sean independientes la una de la otra. En este caso, la tasa de excedencia de la pérdida total es la suma de las tasas de excedencia de las pérdidas individuales:

$$v(y) = v_1(y) + v_2(y) \quad (\text{N.3})$$

Se está buscando el valor de  $y$  para el cual  $v(y) = v_0$ . Reemplazando N.1 y N.2 en la ecuación N.3,

$$v_0 = \frac{V_0}{(p_1)^{\rho_1}} y^{\rho_1} + \frac{V_0}{(p_2)^{\rho_2}} y^{\rho_2} \quad (\text{N.4})$$

$$1 = \frac{1}{(p_1)^{\rho_1}} y^{\rho_1} + \frac{1}{(p_2)^{\rho_2}} y^{\rho_2} \quad (\text{N.5})$$

Por simplicidad, se asume que  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ . En vista de esto, la ecuación N.5 puede entonces ser re-escrita como:

$$y^\rho = p_1^\rho + p_2^\rho \quad (\text{N.6})$$

La ecuación N.6 es entonces la regla de combinación para el caso de pérdidas independientes.

Se propone calcular el coeficiente  $\rho$  con la curva de tasa de excedencia de pérdidas de la ciudad que tiene la mayor pérdida para el período de retorno seleccionado, calculado usando una función de vulnerabilidad determinística; esta pérdida se denominará  $y_m$ .

Por ejemplo, considerando la siguiente tasa de excedencia de intensidad, típica de la amenaza sísmica:

$$\lambda(I) = \left( \frac{I_0}{I} \right)^r \quad (\text{N.7})$$

donde  $I$  representa la intensidad y  $I_0$  y  $r$  son parámetros. Además, teniendo en cuenta la siguiente función de vulnerabilidad, también tomada de la amenaza sísmica:

$$V(I) = 1 - \exp \left\{ \ln 0.5 \left( \frac{I}{\gamma} \right)^\alpha \right\} \quad (\text{N.8})$$

donde  $\alpha$  y  $\gamma$  son parámetros. Si la función de vulnerabilidad es determinística, entonces la tasa de excedencia de pérdidas  $y$  es igual a la tasa de excedencia de la intensidad que produce esta pérdida:

$$v(y) = \lambda[I(y)] \quad (\text{N.9})$$

$I(y)$  puede ser obtenido invirtiendo la ecuación N.8:

$$I(y) = \gamma \ln(2)^{-1/\alpha} [-\ln(1-y)]^{1/\alpha} \quad (\text{N.10})$$

y de la ecuación N.9 se tiene que

$$v(y) = \left[ \frac{I_0 \ln(2)}{-\ln(1-y)} \right]^{r/\alpha} \gamma^{-r} \quad (\text{N.11})$$

Recordando que  $\rho$  puede considerarse como la pendiente de la curva de tasas de excedencia de pérdidas,  $v(y)$ , en la escala log-log, se sigue que

$$\rho = \frac{d \ln v(y)}{d \ln y} = y \frac{d \ln v(y)}{dy} \quad (\text{N.12})$$

valorado en  $y=y_m$ . En vista de esto,  $\rho$  puede ser calculado de las ecuaciones N.11 y N.12, conduciendo a:

$$\rho = \frac{r y_m}{\alpha(1-y_m) \ln(1-y_m)} \quad (\text{N.13})$$

que es el valor que debe usarse en la regla de combinación dada en la ecuación N.6.



## **Anexo O. Aplicación del IDD a Colombia**

El fenómeno que puede llegar a causar un impacto notable en Colombia y por lo tanto una grave crisis institucional y social, es un terremoto de gran magnitud cerca de cualquiera de las principales ciudades del país. A pesar de que estos eventos tienen una baja probabilidad pueden llegar a presentarse cerca de alguna de las tres ciudades más grandes y de un gran conjunto de ciudades intermedias y menores distribuidas en la zona andina del país; todas ellas ubicadas en zonas de amenaza sísmica intermedia o alta.

Un desastre sísmico en la mayoría de los casos sería un desastre concentrado, ya que afectaría, en el caso de Colombia, áreas pequeñas en comparación con su territorio. Además, frente a los terremotos el país presenta un alto grado de vulnerabilidad, debido a la alta concentración de población e infraestructura, sin un apropiado nivel de sismorresistencia, en las capitales departamentales.

Por otra parte, el evento más frecuente en Colombia es la inundación. Su análisis, tal como se señala en la sección de desastres menores no debe hacerse de la misma manera que para otros sucesos súbitos y no se cuenta con información apropiada que facilite su análisis. En realidad sería necesario más que hacer un análisis probabilista estimar el impacto acumulado de este tipo de eventos en períodos de años, lustros o decenios, dado que afectan gravemente los medios de sustento de la población de más bajos ingresos (tanto rural como urbana); lo que influye notablemente en su desarrollo.

Las inundaciones se han escogido para representar en este estudio, de manera general, “un evento difuso”. En épocas de lluvias intensas ese tipo de fenómeno puede ser generalizado en todo el territorio colombiano, y aunque no es una responsabilidad directamente del Estado cubrir las pérdidas que se causan en el sector privado, es de especial importancia valorar las pérdidas potenciales en la agricultura del país.

### Efectos sísmicos en edificaciones públicas y privadas

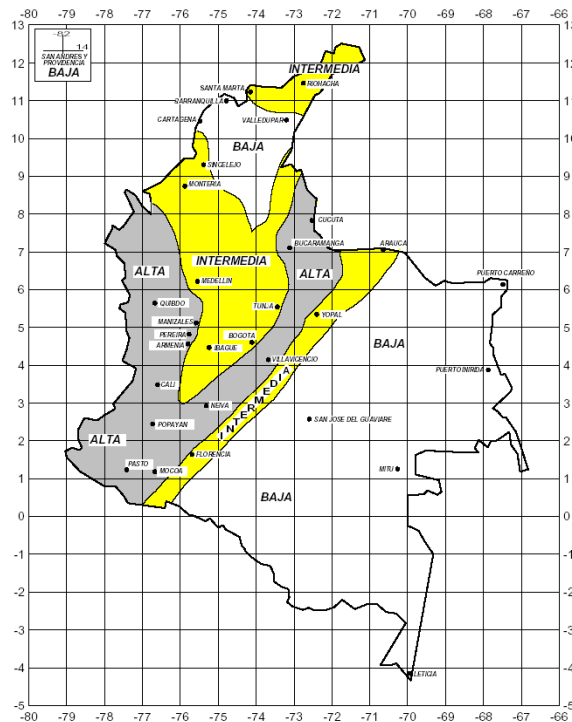
Para el análisis del escenario sísmico más grave en el país se desarrolló un modelo simplificado teniendo en cuenta las principales poblaciones del país de acuerdo con la información básica proyectada por el DANE para el año 2005 y los primeros resultados del censo realizado en 2005, los cuales se presentan en la tabla O.1. (ERN-Colombia, 2005; Cardona et al. 2004 a,b)

*Tabla O. 1. Principales ciudades de Colombia y poblaciones, Censo 2005*

Ciudad	Población	Hogares	Unidades económicas	Personas por hogar
Bogotá	6,776,009	1,968,974	359,431	3.4
Cali	2,068,386	555,710	75,210	3.7
Bucaramanga	508,102	137,763	35,955	3.7
Barranquilla	1,112,837	259,267	45,236	4.3
Medellín	2,223,078	612,115	99,647	3.6

Fuente DANE

El país cuenta con una serie de estudios y desarrollos de ingeniería sísmica que permiten realizar algunas estimaciones gruesas del riesgo sísmico en términos de impacto sobre la infraestructura y el impacto económico y social. Para efectos de identificar, en primera instancia, el escenario sísmico más crítico del país se desarrolló el análisis para las diferentes capitales de departamento ubicadas en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta. Para el efecto se utilizó el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, realizado por la AIS con la participación del Ingeominas y la Universidad de los Andes en 1996. Este estudio es el que se utiliza para fines del cumplimiento de la Ley 400 de 1998, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR 98, y corresponde a la versión más reciente que actualizó los valores de la amenaza sísmica obtenidos en 1983, con el mismo fin. La Figura O.1 presenta el mapa oficial de amenaza sísmica del país adoptado por la Ley 400 de 1998.



**Figura O.1. Mapa de Amenaza Sísmica. Fuente NSR 98 (AIS, 1998)**

A continuación se presentan en forma resumida la descripción de la metodología para la evaluación aproximada del riesgo sísmico de las principales capitales. Para la interpretación de resultados debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El modelo desarrollado está limitado al análisis de las edificaciones en cada una de las principales ciudades del país.
- No se incluyen pérdidas asociadas a contenidos o a lucro cesante ni efectos económicos indirectos.
- No se incluyen redes de líneas vitales de las ciudades consideradas.
- Las valoraciones se hacen con base en valores de reposición de los bienes afectados.

A continuación se presenta un breve resumen de los pasos de la modelación:

1. Estimación del área construida en cada una de las ciudades. Esta información se tomó del informe *Análisis de riesgo de desastres extremos en Colombia con fines de valoración de la exposición fiscal*, Cardona et al (2005b), ERN-Colombia (2005). Los valores fueron ajustados según estadísticas de la construcción de Camacol, para llevarlos al año 2005 y se ilustran en la Tabla O.2.

**Tabla O.2. Área construida de las ciudades capitales colombianas, año 2003,**

Ciudad	Área Construida [Km <sup>2</sup> ]	Ciudad	Área Construida [Km <sup>2</sup> ]
Bogota	195.0	San José del Guaviare	0.5
Leticia	0.5	Neiva	6.1
Medellín	60.9	Riohacha	2.1
Arauca	1.3	Santa Marta	7.3
San Andrés	1.7	Villavicencio	7.7
Barranquilla	26.1	Pasto	7.1
Cartagena	15.2	Cúcuta	13.0
Tunja	4.0	Mocoa	0.3
Manizales	10.6	Armenia	7.0
Florencia	2.5	Pereira	11.5
Yopal	1.7	Bucaramanga	13.4
Popayán	5.4	Sincelejo	3.6
Valledupar	6.4	Ibagué	11.5
Quibdo	1.8	Cali	51.0
Montería	5.5	Mitu	0.1
Puerto Inírida	0.2	Puerto Carreño	0.3

*Fuente: ERN Colombia (2005)*

- Definición de una valoración general de los diferentes tipos constructivos. Esta información se obtuvo de acuerdo con la estratificación socio-económica y se basa en datos catastrales de algunas ciudades tales como Bogotá, Manizales y varios municipios alrededor del país, ERN Colombia (2005), ERN Manizales (2005), CEDERI (2005a,b,c). Para efectos de la valoración de las construcciones de las ciudades debe considerarse que los valores catastrales son en general menores que los valores de reposición de las mismas o en algunos casos mucho menores que los valores comerciales. Por esta razón y para efectos de realizar un análisis acorde con valores de reposición más reales (debido a que las pérdidas reales estarán más asociadas a este valor que a los valores catastrales) se aplicó un factor global de 2.0 a la valoración general de los costos de las construcciones. Este factor se basa en estadísticas generales y en la opinión de especialistas.

La Tabla O.3 presenta el resumen de los valores asumidos finalmente para la evaluación. Los valores se dan en pesos colombianos y para el presente caso incluyen únicamente las construcciones tradicionales.

**Tabla O.3. Valoración por metro cuadrado de los principales tipos constructivos, por estrato y por tamaño de la ciudad.**

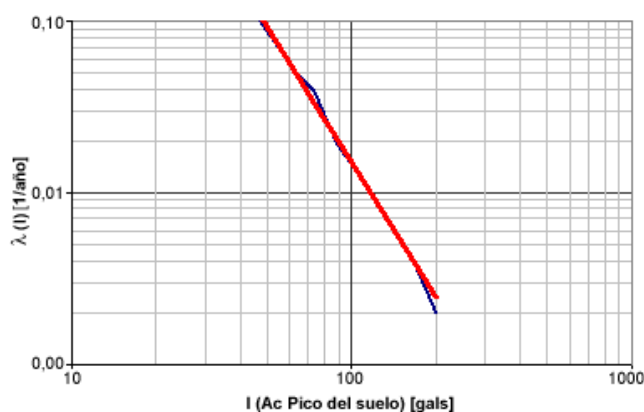
Ciudad	Tipo Estructural	Publico	Bajo	Medio	Alto
<b>Pob &gt; 1'000,000 hab</b>	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	791,000	644,000	979,000	2,518,000
	Mampostería simple o adobe	1,336,000	480,000	875,000	2,600,000
	Mampostería confinada o reforzada	1,708,000	442,000	1,110,000	2,229,000
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	1,196,000	330,000	756,000	1,679,000
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 5 a 12 pisos	1,192,000	600,000	1,212,000	2,366,000
<b>Pob entre 1'000,000 y 100,000 hab</b>	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	672,350	547,400	832,150	2,140,300
	Mampostería simple o adobe	1,135,600	408,000	743,750	2,210,000
	Mampostería confinada o reforzada	1,451,800	375,700	943,500	1,894,650
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	1,016,600	280,500	642,600	1,427,150
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 5 a 12 pisos	1,013,200	510,000	1,030,200	2,011,100
<b>Pob &lt; 100,000 hab</b>	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	553,700	450,800	685,300	1,762,600
	Mampostería simple o adobe	935,200	336,000	612,500	1,820,000
	Mampostería confinada o reforzada	1,195,600	309,400	777,000	1,560,300
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	837,200	231,000	529,200	1,175,300
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 5 a 12 pisos	834,400	420,000	848,400	1,656,200

3. Desagregación de los diferentes tipos constructivos. Esta desagregación es necesario hacerla en cada una de las ciudades de acuerdo con las zonas de microzonificación sísmica (cuando estos estudios existen) y según los diferentes sistemas constructivos. Varias de las ciudades del país cuentan en la actualidad con estudios de microzonificación sísmica, como Bogotá, Medellín, Pereira, Armenia, Popayán, Palmira, Buga, Tuluá y hay avances parciales o estudios en curso en Cali, Ibagué y Bucaramanga. Las estadísticas de tipos constructivos se obtuvieron de las bases de datos catastrales disponibles en ciudades de diferentes tamaños tal como se explicó anteriormente. La Tabla O.4 presenta un ejemplo de desagregación por zonas sísmicas y tipos constructivos para la ciudad de Bogotá.

**Tabla O.4. Ejemplo de porcentajes de participación en el área construida por zona y por estrato**

Bogotá	Área construida 214.5 Km <sup>2</sup>	Participación				
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
		24%	9%	27%	17%	23%
<b>Público</b>	Mampostería confinada o reforzada	2%	2%	1%	2%	1%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	2%	2%	3%	2%	2%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 5 a 12 pisos	1%	1%	1%	1%	1%
<b>Estratos 1 y 2</b>	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	10%	6%	3%	5%	8%
	Mampostería simple o adobe	35%	10%	5%	15%	15%
	Mampostería confinada o reforzada	30%	7%	2%	10%	10%
<b>Estratos 3 y 4</b>	Mampostería confinada o reforzada	6%	27%	36%	30%	40%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	5%	16%	26%	25%	23%
<b>Estratos 5 y 6</b>	Mampostería confinada o reforzada	5%	10%	14%	5%	0%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	4%	10%	6%	3%	0%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 5 a 12 pisos	0%	9%	3%	2%	0%

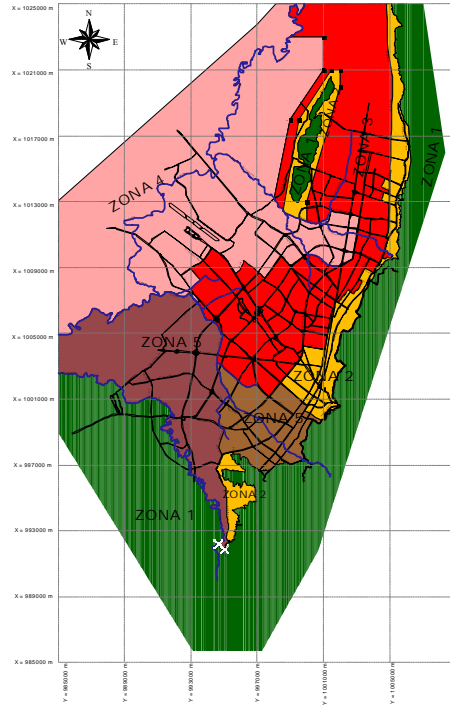
4. Asignación de la amenaza sísmica para cada una de las ciudades. Para este efecto se utilizó el estudio de amenaza sísmica del país (AIS, 1996) que señala el nivel de aceleración máxima en cada una de las ciudades para diferentes períodos de retorno. Este parámetro expresa la amenaza sísmica a nivel del terreno firme y ha sido obtenido teniendo en cuenta la contribución de las diferentes fuentes sismogénicas del país. En la Figura O.2 se presenta la curva de amenaza sísmica para la ciudad de Bogotá, ajustada para el modelo, con fines de ilustración.



**Figura O.2. Modelo aproximado de la intensidad vs tasa de excedencia para la ciudad de Bogotá**

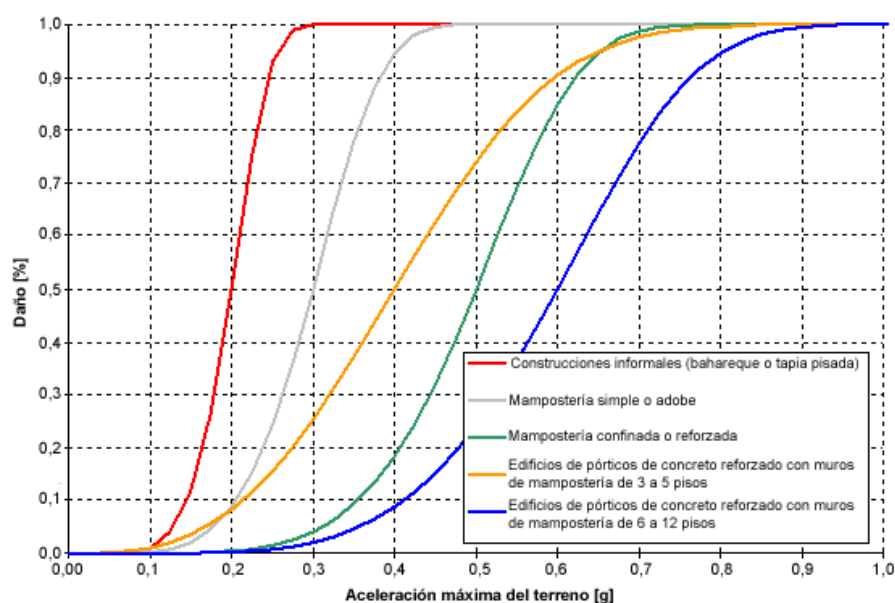
5. Efectos de sitio, información de las microzonificaciones sísmicas. El modelo incluye unos coeficientes que tienen como objetivo tener en cuenta los efectos de sitio de las diferentes zonas sísmicas para los diferentes tipos estructurales

considerados. Dichos factores de amplificación se establecen con base en el análisis de la respuesta dinámica esperada para cada tipo constructivo en cada zona sísmica y mediante el análisis simplificado a través de los espectros de diseño en cada zona de la ciudad. La Figura O.3 ilustra el mapa de microzonificación sísmica de Bogotá vigente, Universidad de los Andes (1997).



**Figura O.3. Microzonificación sísmica de Bogotá, Uniandes (1997)**

6. Asignación de las funciones de vulnerabilidad. Para cada uno de los tipos constructivos identificados se asigna una función de vulnerabilidad específica, la cual relaciona el parámetro de intensidad sísmica seleccionado –en este caso la aceleración máxima del terreno– con el porcentaje de daño esperado para la construcción. Las funciones de vulnerabilidad de los tipos constructivos de las ciudades colombianas se han determinado mediante una combinación de información basada en observaciones de comportamiento de estructuras en sismos, ensayos experimentales en mesa vibratoria, modelos analíticos no lineales de comportamiento estructural, experiencias previas y referencias internacionales. La Figura O.4 resume algunas de las funciones de vulnerabilidad para los tipos constructivos principales en Colombia.



**Figura O.4. Funciones de vulnerabilidad representativas de los tipos constructivos en Colombia**

7. Consideración de la incertidumbre. La incertidumbre en las valoraciones realizadas está asociada principalmente a la amenaza sísmica y a las funciones de vulnerabilidad. Algunos estimativos de esta incertidumbre se han realizado en estudios anteriores Cardona et al (2005a/b), IDEA (2005), ERN Colombia (2005). Por lo tanto con base en dichos estudios se asignó un factor general de incertidumbre a cada uno de los tipos constructivos analizados.
8. Cálculo de pérdidas para diferentes períodos de retorno. La estimación de pérdidas se realizó teniendo en cuenta la contribución de cada tipo constructivo en cada zona sísmica y con base en la aceleración máxima estimada para cada período de retorno. En la Tabla O.5 se presenta un resumen de los valores utilizados para realizar dicho cálculo.



**Tabla O.5. Valores para la modelación de las pérdidas económicas por sismo**

Ciudad	Zona	Estratos	T. Estruct	T. Estruct. Descrip.	% participación area	I <sub>o</sub>	r	Aceleración del terreno [Gals]			Efectos de sitio [otros]	
								100	500	1000		
Bogotá 214,5 km <sup>2</sup>	Zona 1 24%	Publico	3	Mampostería confinada o reforzada	2%	28	3	130	222	280	1.0	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	2%	28	3	130	222	280	1.1	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	1%	28	3	130	222	280	1.1	
		Estratos 1 y 2	1	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	10%	28	3	130	222	280	1.0	
			2	Mampostería simple o adobe	35%	28	3	130	222	280	1.0	
			3	Mampostería confinada o reforzada	30%	28	3	130	222	280	1.0	
		Estratos 3 y 4	3	Mampostería confinada o reforzada	6%	28	3	130	222	280	1.0	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	5%	28	3	130	222	280	1.1	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	0%	28	3	130	222	280	1.1	
		Estratos 5 y 6	3	Mampostería confinada o reforzada	5%	28	3	130	222	280	1.0	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	4%	28	3	130	222	280	1.1	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	0%	28	3	130	222	280	1.1	
		Zona 2 9%	Publico	3	Mampostería confinada o reforzada	2%	28	3	130	222	280	1.5
				4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	2%	28	3	130	222	280	1.7
				5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	1%	28	3	130	222	280	1.7
	Estratos 1 y 2		1	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	6%	28	3	130	222	280	1.5	
			2	Mampostería simple o adobe	10%	28	3	130	222	280	1.5	
			3	Mampostería confinada o reforzada	7%	28	3	130	222	280	1.5	
	Estratos 3 y 4		3	Mampostería confinada o reforzada	27%	28	3	130	222	280	1.5	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	16%	28	3	130	222	280	1.7	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	9%	28	3	130	222	280	1.7	
	Estratos 5 y 6		3	Mampostería confinada o reforzada	10%	28	3	130	222	280	1.5	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	10%	28	3	130	222	280	1.7	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	9%	28	3	130	222	280	1.7	
	Zona 3 27%		Publico	3	Mampostería confinada o reforzada	1%	28	3	130	222	280	1.3
				4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	3%	28	3	130	222	280	1.5
				5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	1%	28	3	130	222	280	1.5
		Estratos 1 y 2	1	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	3%	28	3	130	222	280	1.3	
			2	Mampostería simple o adobe	5%	28	3	130	222	280	1.3	
			3	Mampostería confinada o reforzada	2%	28	3	130	222	280	1.3	
		Estratos 3 y 4	3	Mampostería confinada o reforzada	36%	28	3	130	222	280	1.3	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	26%	28	3	130	222	280	1.5	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	14%	28	3	130	222	280	1.3	
		Estratos 5 y 6	3	Mampostería confinada o reforzada	14%	28	3	130	222	280	1.3	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	6%	28	3	130	222	280	1.5	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	3%	28	3	130	222	280	1.5	
		Zona 4 17%	Publico	3	Mampostería confinada o reforzada	2%	28	3	130	222	280	0.8
				4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	2%	28	3	130	222	280	1.0
				5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	1%	28	3	130	222	280	1.0
	Estratos 1 y 2		1	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	5%	28	3	130	222	280	0.8	
			2	Mampostería simple o adobe	15%	28	3	130	222	280	0.8	
			3	Mampostería confinada o reforzada	10%	28	3	130	222	280	0.8	
	Estratos 3 y 4		3	Mampostería confinada o reforzada	30%	28	3	130	222	280	0.8	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	25%	28	3	130	222	280	1.0	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	2%	28	3	130	222	280	1.0	
Estratos 5 y 6	3		Mampostería confinada o reforzada	5%	28	3	130	222	280	0.8		
	4		Edificio de pórticos de concreto reforzado	3%	28	3	130	222	280	1.0		
	5		Edificio de pórticos de concreto reforzado	2%	28	3	130	222	280	1.0		
Zona 5 23%	Publico		3	Mampostería confinada o reforzada	1%	28	3	130	222	280	1.0	
			4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	2%	28	3	130	222	280	1.1	
			5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	1%	28	3	130	222	280	1.1	
	Estratos 1 y 2	1	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	8%	28	3	130	222	280	1.0		
		2	Mampostería simple o adobe	15%	28	3	130	222	280	1.0		
		3	Mampostería confinada o reforzada	10%	28	3	130	222	280	1.0		
	Estratos 3 y 4	3	Mampostería confinada o reforzada	40%	28	3	130	222	280	1.0		
		4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	23%	28	3	130	222	280	1.1		
		5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	0%	28	3	130	222	280	1.0		
	Estratos 5 y 6	3	Mampostería confinada o reforzada	0%	28	3	130	222	280	1.0		
		4	Edificio de pórticos de concreto reforzado	0%	28	3	130	222	280	1.1		
		5	Edificio de pórticos de concreto reforzado	0%	28	3	130	222	280	1.1		

**Valores para la modelación de las pérdidas económicas por sismo (continuación)**

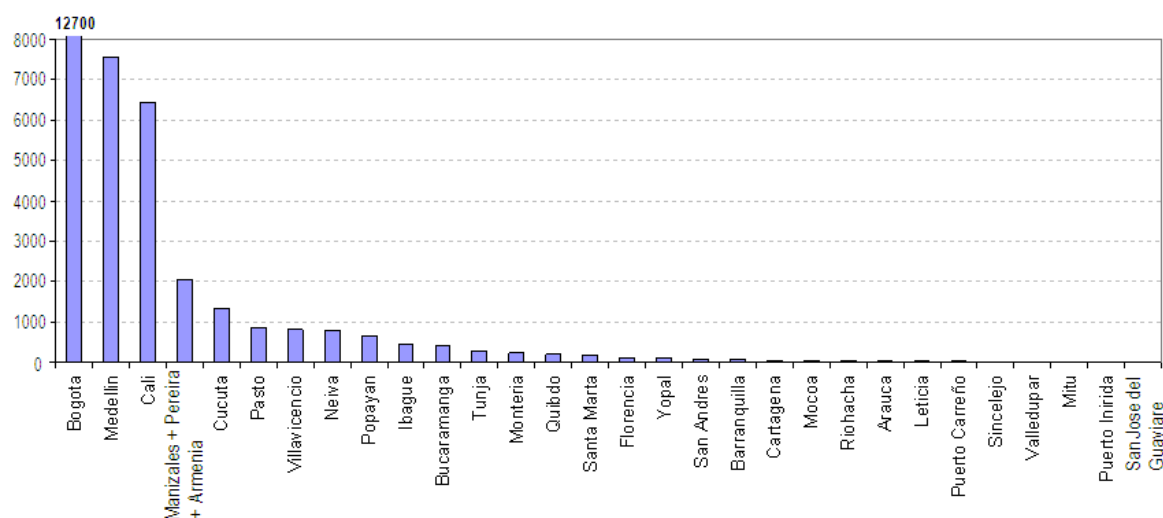
Ciudad	Zona	Estratos	T. Estruct.	Parámetros de la curva de pérdida estructural			Pérdida Estructural Estimada (%)					
				$\alpha$	$\gamma$	k	PML <sub>50</sub>	PML <sub>100</sub>	PML <sub>500</sub>	Valor Expuesto [USD/m <sup>2</sup> ]	Valor Expuesto [Mill. USD]	
Bogotá 214,5 km <sup>2</sup>	Zona 1 24%	Publico	3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	356	366	
			4	3	0.4	1.15	0.04	0.18	0.33	249	257	
			5	5	0.6	1.15	0	0.01	0.03	248	128	
		Estratos 1 y 2	1	6	0.2	1.15	0.07	0.89	1	134	691	
			2	5	0.3	1.15	0.01	0.18	0.48	100	1802	
			3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	92	1422	
		Estratos 3 y 4	3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	231	714	
			4	3	0.4	1.15	0.04	0.18	0.33	158	405	
		Estratos 5 y 6	3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	464	1195	
			4	3	0.4	1.15	0.04	0.18	0.33	350	720	
				5	5	0.6	1.15	0	0.01	0.03	493	0
		Zona 2 9%	Publico	3	5.5	0.5	1.15	0.01	0.09	0.3	356	134
	4			3	0.4	1.15	0.13	0.53	0.82	249	94	
	5			5	0.6	1.15	0.01	0.08	0.25	248	47	
	Estratos 1 y 2		1	6	0.2	1.15	0.56	1	1	134	152	
			2	5	0.3	1.15	0.1	0.84	1	100	189	
			3	5.5	0.5	1.15	0.01	0.09	0.3	92	122	
	Estratos 3 y 4		3	5.5	0.5	1.15	0.01	0.09	0.3	231	1179	
			4	3	0.4	1.15	0.13	0.53	0.82	158	476	
	Estratos 5 y 6		3	5.5	0.5	1.15	0.01	0.09	0.3	464	877	
			4	3	0.4	1.15	0.13	0.53	0.82	350	660	
				5	5	0.6	1.15	0.01	0.08	0.25	493	837
	Zona 3 27%		Publico	3	5.5	0.5	1.15	0	0.04	0.15	356	206
		4		3	0.4	1.15	0.09	0.4	0.66	249	433	
		5		5	0.6	1.15	0	0.05	0.14	248	144	
		Estratos 1 y 2	1	6	0.2	1.15	0.28	1	1	134	233	
			2	5	0.3	1.15	0.05	0.54	1	100	290	
			3	5.5	0.5	1.15	0	0.04	0.15	92	107	
		Estratos 3 y 4	3	5.5	0.5	1.15	0	0.04	0.15	231	4821	
			4	3	0.4	1.15	0.09	0.4	0.66	158	2372	
		Estratos 5 y 6	3	5.5	0.5	1.15	0	0.04	0.15	464	3765	
			4	3	0.4	1.15	0.09	0.4	0.66	350	1215	
				5	5	0.6	1.15	0	0.05	0.14	493	856
		Zona 4 17%	Publico	3	5.5	0.5	1.15	0	0	0.01	356	253
	4			3	0.4	1.15	0.03	0.14	0.26	249	177	
	5			5	0.6	1.15	0	0.01	0.02	148	88	
	Estratos 1 y 2		1	6	0.2	1.15	0.02	0.37	0.9	134	129	
			2	5	0.3	1.15	0	0.06	0.19	100	534	
			3	5.5	0.5	1.15	0	0	0.01	92	238	
	Estratos 3 y 4		3	5.5	0.5	1.15	0	0	0.01	231	2470	
			4	3	0.4	1.15	0.03	0.14	0.26	158	1402	
	Estratos 5 y 6		3	5.5	0.5	1.15	0	0	0.01	464	827	
			4	3	0.4	1.15	0.03	0.14	0.26	350	374	
				5	5	0.6	1.15	0	0.01	0.02	493	351
	Zona 5 23%		Publico	3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	356	179
4		3		0.4	1.15	0.04	0.18	0.33	249	250		
5		5		0.6	1.15	0	0.01	0.03	248	125		
Estratos 1 y 2		1	6	0.2	1.15	0.07	0.89	1	134	539		
		2	5	0.3	1.15	0.01	0.18	0.48	100	753		
		3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	92	462		
Estratos 3 y 4		3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	231	4643		
		4	3	0.4	1.15	0.04	0.18	0.33	158	1818		
Estratos 5 y 6		3	5.5	0.5	1.15	0	0.01	0.04	464	0		
		4	3	0.4	1.15	0.04	0.18	0.33	350	0		
			5	5	0.6	1.15	0	0.01	0.03	493	0	

Esta metodología simplificada de análisis se utilizó para estimar las pérdidas en las diferentes ciudades incluidas en el análisis para varios períodos de retorno<sup>32</sup>. En la Tabla O.6 y en la Figura O.5 se resumen los resultados principales encontrados. Los resultados se expresan en millones de dólares para efectos comparativos con otros estudios y con otros países.

**Tabla O.6. Pérdidas económicas por sismo para las principales ciudades de Colombia**

	Valor Expuesto [Mill. USD]	PML, Mill USD [MDD] Para diferentes Tret			PML [%] Para diferentes Tret		
		100	500	1000	100	500	1000
Bogotá	85,442	3,501	12,668	23,294	4%	15%	27%
Medellín	26,473	1,728	7,566	10,860	2%	9%	13%
Cali	21,704	1,089	6,427	9,474	1%	8%	11%
Manizales + Pereira + Armenia	9,700	321	2,049	3,163	0%	2%	4%
Cúcuta	4,184	107	1,339	2,330	0%	2%	3%
Pasto	2,398	186	851	1,306	0%	1%	2%
Villavicencio	2,695	107	804	1,464	0%	1%	2%
Neiva	1,923	85	787	1,322	0%	1%	2%
Popayán	1,841	163	651	949	0%	1%	1%
Ibagué	3,529	50	446	760	0%	1%	1%
Bucaramanga	5,109	68	417	736	0%	0%	1%
Tunja	1,360	33	280	405	0%	0%	0%
Montería	1,634	29	228	436	0%	0%	1%
Quibdo	406	68	199	254	0%	0%	0%
Santa Marta	2,836	12	176	493	0%	0%	1%
Florencia	596	8	115	206	0%	0%	0%
Yopal	399	5	95	150	0%	0%	0%
San Andrés	499	6	76	126	0%	0%	0%
Barranquilla	11,591	21	69	122	0%	0%	0%
Cartagena	5,089	13	47	85	0%	0%	0%
Mocoa	77	5	38	53	0%	0%	0%
Riohacha	528	2	32	90	0%	0%	0%
Arauca	374	2	28	73	0%	0%	0%
Leticia	139	2	26	42	0%	0%	0%
Puerto Carreño	73	1	17	28	0%	0%	0%
Sincelejo	915	2	15	41	0%	0%	0%
Valledupar	1,964	3	13	25	0%	0%	0%
Mitú	46	0	4	7	0%	0%	0%
Puerto Inárida	60	0	4	7	0%	0%	0%

<sup>32</sup> Es importante señalar que el período de retorno en este caso está referido a cada ciudad como un área aislada, lo que es un buen referente del riesgo para cada una de ellas. Esta es una manera aceptable de identificar sitios donde las pérdidas podrían ser muy altas. Sin embargo, desde el punto de vista del país, teniendo en cuenta la responsabilidad en cualquier caso del gobierno nacional, es importante recordar que el período de retorno no significa el tiempo que hay que esperar para que se presenten pérdidas en cualquier sitio del país.



**Figura O.5. Cuadro comparativo de pérdidas por sismo, para  $Tret = 500$  años**

Del modelo simplificado se ratifica que el impacto potencial más crítico en caso de un terremoto sería el que se produciría en Bogotá y su área circundante. Dicho impacto sería del orden de US\$ 12,700 millones de dólares ( $PML_{500} = 14.8\%$ ) en caso de un sismo muy fuerte, con un período de retorno de 500 años, y de US\$ 3.500 millones ( $PML_{100} = 4\%$ ) en caso de presentarse un sismo moderado, con un período de retorno de 100 años. Ambos eventos son referentes de importancia tanto para efectos de implementar una estrategia de protección financiera, como para formular el plan de respuesta o contingencia de la ciudad y de la Nación<sup>33</sup>. Le siguen, de acuerdo con esta estimación, Medellín con US\$ 7,566 millones y Cali con US\$ 6,427 millones, en el caso de presentarse un sismo similar, muy fuerte, cerca de esas ciudades. En la región del Eje Cafetero la pérdida se estima en US\$ 2,049 millones para un período de retorno de 500 años; cifra algo mayor a la pérdida que se presentó como consecuencia del terremoto del Quindío en 1999 (US\$ 1,591 millones). Esto indica que dicho sismo estuvo cerca de ser el sismo para el cual se diseñan las edificaciones, de acuerdo con las normas NSR-98, que corresponde a un período de retorno de 475 años.

Otros estudios realizados en los últimos años presentan cifras similares o equivalentes. El estudio de ERN Colombia (2005) señala que para un terremoto de 500 años de período de retorno el PML de Bogotá puede ser del orden del 13% del valor expuesto y que una vez agregadas las pérdidas de las poblaciones cercanas a la ciudad (de los departamentos de Cundinamarca y Meta) el PML para Colombia podría llegar a ser del orden de US\$ 14,600 millones de dólares. De igual forma en el

<sup>33</sup> Obsérvese que el evento máximo en 100 años en Bogotá supera al evento máximo en 1000 años en el Eje Cafetero y en Medellín y Cali puede ser similar al de los 500 años en Cúcuta. En términos de pérdidas se está haciendo referencia a eventos muy graves. Eventos aparentemente moderados desde el punto de vista comparativo pueden tener serias implicaciones. Debe señalarse que este enfoque de identificación de los posibles eventos más críticos no significa que el riesgo es grave sólo para Bogotá, para el cual ha dado el mayor valor de pérdidas esperadas. El problema es sin duda también de relevancia para muchos otros sitios del país.

Programa de Indicadores del BID (Cardona 2005, IDEA 2005) se estima que la pérdida para el Evento Máximo Considerado (EMC), de 500 años de período de retorno, sería del orden del 15%. No obstante, la cifra que se presenta en dicho estudio está afectada por un factor (entre 3.5 y 4.0), con el cual se intenta estimar, en forma conservadora, las pérdidas totales incluyendo los efectos en los contenidos, el lucro cesante, otros efectos económicos indirectos y los daños en la infraestructura de servicios o de líneas vitales que no se tuvieron en cuenta en el inventario de elementos expuestos.

De acuerdo con estos resultados resulta evidente que el escenario crítico para Colombia desde el punto de vista de desastres extremos corresponde a un sismo que afecte directamente la ciudad capital. Con base en este resultado, el análisis se extiende para estimar con mayor detalle los efectos del evento en la ciudad de Bogotá y de la situación que se generaría desde el punto de vista de la reconstrucción y de la atención de la emergencia.

### **Efectos sísmicos en la infraestructura crítica**

El escenario identificado previamente como el más grave se complementa aquí con el fin de establecer una descripción más amplia de las consecuencias del mismo. Inicialmente se complementa el análisis de riesgo general de edificaciones para incluir lo correspondiente a la infraestructura.

Posteriormente se amplía la descripción del escenario para incluir una descripción de las afectaciones físicas de los diferentes sistemas y para establecer estimativos de afectación a la población.

Finalmente se establecen una serie de elementos que sirven de base para conformar un escenario más completo del desastre potencial y, con base en esto, establecer la demanda que implicaría para los organismos operativos de emergencias y las implicaciones adicionales para efectos de la reconstrucción.

Aparte de los daños en las edificaciones parte de la infraestructura expuesta también puede sufrir daños y pérdidas asociadas al mismo evento referido. Para el efecto se realizó un inventario de infraestructura expuesta, la cual se valoró en forma aproximada con base en información suministrada por las empresas de servicios públicos, las compañías de seguros y reaseguros (de acuerdo con las condiciones de las pólizas contratadas con las entidades correspondientes) y por información directa del consultor con respecto a trabajos realizados previamente.

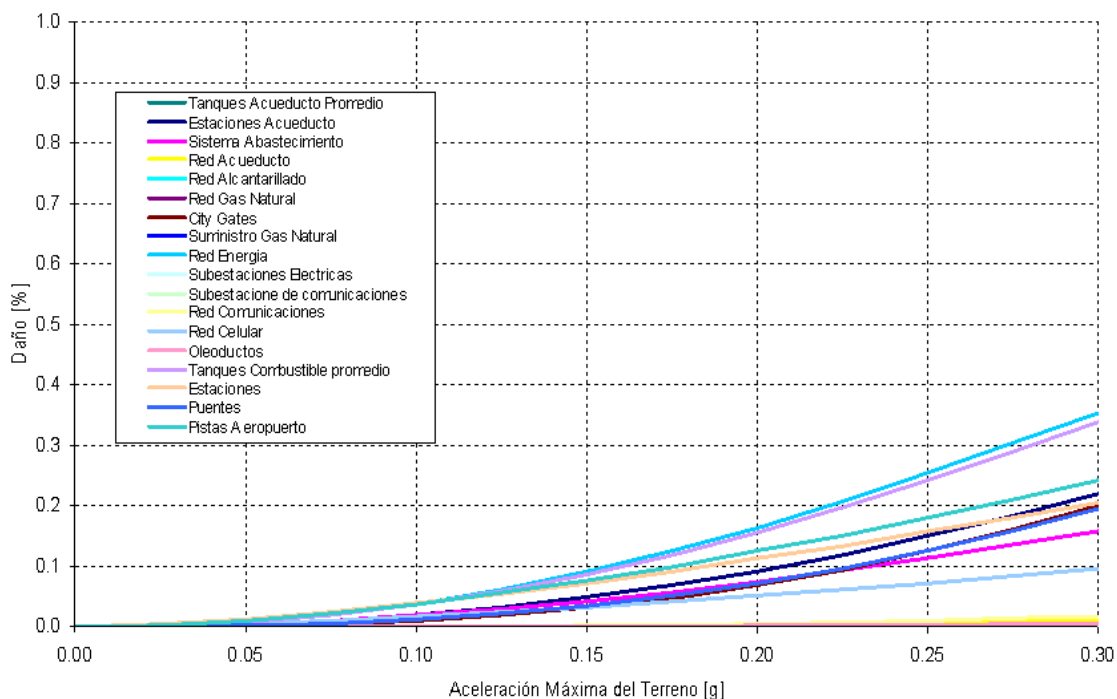
Debe tenerse en cuenta que la valoración detallada de todas las obras de infraestructura implicaría unos esfuerzos excesivos, considerando que en muchos casos ni siquiera se tienen inventarios detallados de la infraestructura y mucho menos de sus costos de reposición.

La Tabla O.7 resume los componentes de infraestructura relevantes que se han tenido en cuenta en la evaluación. Se indica en la tabla el sector, el tipo de componente y su valor aproximado.

**Tabla O.7. Valoración de edificaciones esenciales y obras de infraestructura en Bogotá y cercanías**

<b>Sector</b>	<b>Componente</b>	<b>Valoración aproximada (MDD)</b>
<b>Edificaciones indispensables y de atención a la comunidad (EIAC)</b>	Cuerpo de Bomberos	8
	Policía Metropolitana	52
	Secretaría de Salud	122
	Educación	3
	Transito	5
	Administración y otros	85
<b>Acueducto y Alcantarillado</b>	Redes	1,250
	Tanques	48
	Subestaciones	48
	Sistemas de abastecimiento	708
<b>Energía Eléctrica</b>	Redes	42
	Subestaciones	833
	Sistemas de abastecimiento	2,083
<b>Gas Natural</b>	Redes	113
	City Gates	125
	Construcciones	6
	Suministro	173
<b>Comunicaciones</b>	Redes	750
	Subestaciones	417
	Celulares	83
<b>Combustibles</b>	Oleoductos	833
	Tanques de almacenamiento	208
	Estaciones	417
<b>Comercio e Industria</b>	Instalaciones	8,333
	Contenidos	8,333
<b>Infraestructura vial</b>	Puentes	417
	Pistas aéreas	417

Para el análisis de la infraestructura se consideraron funciones de vulnerabilidad simplificadas. En la Figura O.6 se presentan las funciones de vulnerabilidad asociadas con los diferentes componentes expuestos listados anteriormente.



**Figura O.6. Funciones de vulnerabilidad de componentes de infraestructura**

La Tabla O.8 presenta los detalles del cálculo aproximado correspondiente.

Tabla O.8. Cálculo de la afectación sobre la infraestructura y las EIACs

Ciudad	Zona	Tipo	T. Estruct	T.Estruct Descrip.	Io r	Intensidad (PGA)			
						100	500	1000	Efectos de sitio [otros]
Bogota	EIAC	Cuerpo de bomberos	20	Edificaciones indispensables	28 3	130	222	280	1
		Policia metropolitana	20	Edificaciones indispensables	28 3	130	222	280	1
		Secretaría de Salud	20	Edificaciones indispensables	28 3	130	222	280	1
		Educación	20	Edificaciones indispensables	28 3	130	222	280	1
		Tránsito	20	Edificaciones indispensables	28 3	130	222	280	1
		Administración y otros	20	Edificaciones indispensables	28 3	130	222	280	1
	Acueducto y Alcantarillado	Redes	4	Red Acueducto	28 3	130	222	280	1
		Tanques	1	Tanques acueducto promedio	28 3	130	222	280	1
		Subestaciones	2	Estaciones acueducto	28 3	130	222	280	1
		Sistemas de abastecimiento	3	Sistema de abastecimiento	28 3	130	222	280	1
	Energía Eléctrica	Redes	9	Red energía	28 3	130	222	280	1
		Subestaciones	10	Subestaciones	28 3	130	222	280	1
		Sistemas de abastecimiento	3	Sistema de abastecimiento	28 3	130	222	280	1
	Gas Natural	Redes	6	Red Gas Natural	28 3	130	222	280	1
		City Gates	7	City Gates	28 3	130	222	280	1
		Construcciones	10	Subestaciones	28 3	130	222	280	1
		Suministro	8	Suministro Gas Natural	28 3	130	222	280	1
	Comunicaciones	Redes	12	Red Comunicaciones	28 3	130	222	280	1
		Subestaciones	11	Subestaciones de comunicaciones	28 3	130	222	280	1
		Celulares	13	Red Celular	28 3	130	222	280	1
	Combustibles	Oleoductos	14	Oleoductos	28 3	130	222	280	1
		Tanques de almacenamiento	15	Tanques Combustible promedio	28 3	130	222	280	1
		Estaciones	16	Estaciones	28 3	130	222	280	1
	Comercio e Industria	Instalaciones	19	Pórticos	28 3	130	222	280	1
		Contenidos	19	Pórticos	28 3	130	222	280	1
	Infraestructura Vial	Puentes	17	Puentes	28 3	130	222	280	1
		Pistas aéreas	18	Pistas Aeropuerto	28 3	130	222	280	1



## Cálculo de afectación sobre la infraestructura y las EIACs (Continuación)

			Parámetros de la curva de pérdida estructural			Pérdida Estructural Estimada (%)				
Ciudad	Zona	Tipo	$\alpha$	$\gamma$	k	PML <sub>100</sub>	PML <sub>500</sub>	PML <sub>1000</sub>	Valor Expuesto [USD/m <sup>2</sup> ]	Valor Expuesto [Mill. USD]
Bogotá	EIAC	Cuerpo de bomberos	1.15	0.60	1.15	0.13	0.23	0.29	18268	8
		Policía metropolitana	1.15	0.60	1.15	0.13	0.23	0.29	124982	52
		Secretaría de Salud	1.15	0.60	1.15	0.13	0.23	0.29	292274	122
		Educación	1.15	0.60	1.15	0.13	0.23	0.29	7083	3
		Tránsito	1.15	0.60	1.15	0.13	0.23	0.29	10895	5
		Administración y otros	1.15	0.60	1.15	0.13	0.23	0.29	205060	85
	Acueducto y Alcantarillado	Redes	3.60	0.90	1.15	0.00	0.01	0.01	3000000	1250
		Tanques	2.20	0.38	1.15	0.08	0.23	0.36	115000	48
		Subestaciones	2.30	0.47	1.15	0.04	0.14	0.23	115000	48
		Sistemas de abastecimiento	2.00	0.60	1.15	0.04	0.11	0.17	1700000	708
	Energía Eléctrica	Redes	2.20	0.37	1.15	0.08	0.24	0.37	100000	42
		Subestaciones	1.60	1.00	1.15	0.03	0.07	0.10	2000000	833
		Sistemas de abastecimiento	2.00	0.60	1.15	0.04	0.11	0.17	5000000	2083
	Gas Natural	Redes	3.50	1.20	1.00	0.00	0.00	0.00	270000	113
		City Gates	2.80	0.45	1.15	0.03	0.11	0.20	300000	125
		Construcciones	1.60	1.00	1.15	0.03	0.07	0.10	15000	6
		Suministro	3.50	1.20	1.15	0.00	0.00	0.01	415000	173
	Comunicaciones	Redes	3.30	0.90	1.15	0.00	0.01	0.02	1800000	750
		Subestaciones	1.60	1.00	1.15	0.03	0.07	0.10	1000000	417
		Celulares	1.60	1.00	1.15	0.03	0.07	0.10	200000	83
	Combustibles	Oleoductos	3.50	1.20	1.15	0.00	0.00	0.01	2000000	833
		Tanques de almacenamiento	2.20	0.38	1.15	0.08	0.23	0.36	500000	208
		Estaciones	1.60	0.60	1.15	0.07	0.16	0.22	1000000	417
	Comercio e Industria	Instalaciones	1.70	0.75	1.15	0.04	0.10	0.14	2000000	8333
		Contenidos	1.70	0.75	1.15	0.04	0.10	0.14	2000000	8333
	Infraestructura Vial	Puentes	2.60	0.47	1.15	0.03	0.11	0.20	1000000	417
		Pistas aéreas	1.80	0.50	1.15	0.07	0.18	0.26	1000000	417

La Tabla O.9 y la Tabla O.10 presentan un resumen general de resultados de las pérdidas esperadas en edificaciones públicas y privadas y en las obras de infraestructura. Los resultados se presentan para los diferentes períodos de retorno.

Tabla O.9. Pérdidas en construcciones para el escenario sísmico crítico

Sector	Tipo Estructural	Valor expuesto (MDD)	PML (MDD) para varios Tret			PML (%) para varios Tret		
			100	500	1000	100	500	1000
Público	Mampostería confinada o reforzada	2,278	6	55	184	0%	2%	8%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	2,422	229	674	1,149	9%	28%	47%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 5 a 12 pisos	1,063	4	27	82	0%	3%	8%
Estratos 1 y 2	Construcciones informales (bahareque o tapia pisada)	3,707	896	3,126	3,661	24%	84%	99%
	Mampostería simple o adobe	7,134	267	1,620	3,617	4%	23%	51%
	Mampostería confinada o reforzada	4,881	8	72	246	0%	1%	5%
Estratos 3 y 4	Mampostería confinada o reforzada	27,655	85	754	2,538	0%	3%	9%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	12,946	1,212	3,573	6,087	9%	28%	47%
Estratos 5 y 6	Mampostería confinada o reforzada	13,328	58	513	1,717	0%	4%	13%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 3 a 5 pisos	5,939	707	2,031	3,348	12%	34%	56%
	Edificio de pórticos de concreto reforzado con muros de mampostería de 5 a 12 pisos	4,090	31	223	664	1%	5%	16%
<b>Subtotal Construcciones:</b>		<b>85,442</b>	<b>3,501</b>	<b>12,668</b>	<b>23,294</b>	<b>4%</b>	<b>15%</b>	<b>27%</b>

Tabla O.10. Pérdidas en la infraestructura para el escenario sísmico crítico

Sector	Componente	Valor expuesto (MDD)	PML (MDD) para varios Tret			PML (%) para varios Tret		
			100	500	1000	1000	500	1000
Acueducto y Alcantarillado	Redes	1,250	1	7	16	0%	1%	1%
	Tanques	48	4	11	17	8%	23%	36%
	Subestaciones	48	2	7	11	4%	14%	23%
	Sistemas de abastecimiento	708	27	77	118	4%	11%	17%
Energía Eléctrica	Redes	42	3	10	16	8%	24%	37%
	Subestaciones	833	26	60	85	3%	7%	10%
	Sistemas de abastecimiento	2,083	80	226	348	4%	11%	17%
Gas Natural	Redes	113	0	0	0	0%	0%	0%
	City Gates	125	3	14	25	3%	11%	20%
	Construcciones	6	0	0	1	3%	7%	10%
	Suministro	173	0	0	1	0%	0%	1%
Comunicaciones	Redes	750	1	6	13	0%	1%	2%
	Subestaciones	417	13	30	43	3%	7%	10%
	Celulares	83	3	6	9	3%	7%	10%
Combustibles	Oleoductos	833	0	2	4	0%	0%	1%
	Tanques de almacenamiento	208	16	48	74	8%	23%	36%
	Estaciones	417	29	65	91	7%	16%	22%
Comercio e Industria	Instalaciones	8,333	343	831	1,205	4%	10%	14%
	Contenidos	8,333	343	831	1,205	4%	10%	14%
Infraestructura vial	Puentes	417	12	47	83	3%	11%	20%
	Pistas aéreas	417	30	74	107	7%	18%	26%
<b>Subtotal Infraestructura</b>		<b>25,638</b>	<b>935</b>	<b>2,353</b>	<b>3,473</b>	<b>4%</b>	<b>9%</b>	<b>14%</b>

De los resultados anteriores se concluye que las construcciones tradicionales de la ciudad sufrirían un impacto considerable debido a que principalmente un porcentaje importante de estas construcciones no cumplen con una normativa sísmica mínima. Por esta razón las pérdidas se concentran principalmente en las construcciones que no han sido construidas con requisitos sismorresistentes tales como bahareque

precario, tapia, adobe y mampostería sin reforzar. Se estima que para el escenario de un evento de 100 años de período de retorno se pueden llegar a tener un total de 2,000 edificaciones destruidas que implican la necesidad de contar con alojamientos temporales y probablemente la reubicación de asentamientos humanos después del terremoto. Por otro lado se estima que cerca de 50,000 construcciones registrarán daños importantes que implicarían una evaluación y clasificación del daño, para determinar su habitabilidad y reparabilidad y un proceso posterior de reparación y rehabilitación (ERN-Colombia, 2006). Este proceso es de especial importancia y debe contarse con procedimientos apropiados de evaluación y cuantificación de los daños en términos del costo de las reparaciones e intervenciones.

De acuerdo con lo anterior los requerimientos en términos de reconstrucción para el Estado son considerables ya que la mayoría de las afectaciones ocurren para los estratos socioeconómicos menos favorecidos. La contribución a la pérdida estimada para los estratos 1 y 2, para el sismo de los 500 años, según el tipo de construcción, es del 65% para construcción informal y del 34% para la mampostería simple (ver Tabla O.9).

Los resultados anteriores conjuntamente con los estudios previos existentes permiten elaborar un escenario hipotético de afectación tanto de las edificaciones como de la infraestructura. Del modelo simplificado, y para efectos de tener un referente para establecer una estrategia de protección financiera, se concluye que el impacto directo potencial en Bogotá y su área circundante sería, para un sismo fuerte con 500 años de período de retorno, de US\$ 12,668 millones de dólares sobre las edificaciones, tanto públicas como privadas, y de US\$ 2,343 millones sobre la infraestructura de servicios públicos y líneas vitales. Estas cifras suman US\$ 15,011 millones de los cuales US\$ 3,109 millones serían de responsabilidad fiscal directa del Estado y US\$ 4,818 millones serían las pérdidas esperadas en la vivienda de los estratos socioeconómicos 1 y 2, que corresponden a la población de menores ingresos. Este segmento, aunque es parte del sector privado, también sería una responsabilidad fiscal del Estado dada que la CP de Colombia establece la obligatoriedad de atender a las personas en estado de debilidad manifiesta.

### **Efectos en las edificaciones esenciales**

El análisis se realizó para el conjunto que se le ha denominado de Edificaciones Indispensables y de Atención a la Comunidad (EIAC). Este análisis ha sido basado en los estudios *Estrategia de transferencia, retención y mitigación del riesgo sísmico en edificaciones indispensable y de atención a la comunidad del Distrito Capital de Bogotá*, CEDERI (2005b) y *Estimación de pérdidas económicas para diferentes escenarios de riesgo en edificaciones públicas y privadas en Bogotá y análisis económico del riesgo residual en el Distrito Capital de Bogotá*, ERN Colombia (2006). La Tabla O.11 presenta los resultados principales en términos de afectación directa y en términos económicos de grupos independientes de edificaciones. El análisis incluye edificaciones de salud, policía, bomberos, educación, tránsito y de la administración pública.

**Tabla O.11. Pérdidas en edificaciones indispensables y de atención a la comunidad, EIACs**

Sector	Componente	Valor expuesto (MDD)	PML (MDD) para varios Tret			PML (%) para varios Tret		
			100	500	1000	100	500	1000
Edificaciones indispensables y de atención a la comunidad (EIAC)	Cuerpo de Bomberos	8	1	2	2	13%	23%	29%
	Policía Metropolitana	52	7	12	15	13%	23%	29%
	Secretaría de Salud	122	16	28	36	13%	23%	29%
	Educación	3	0	1	1	13%	23%	29%
	Transito	5	1	1	1	13%	23%	29%
	Administración y otros	85	11	20	25	13%	23%	29%
<b>Subtotal EIACs</b>		<b>274</b>	<b>36</b>	<b>64</b>	<b>81</b>	<b>13%</b>	<b>23%</b>	<b>29%</b>

### Estimación del IDD

El Programa de Indicadores de Riesgo y Gestión de Riesgos BID-IDEA (Cardona, 2005), (IDEA, 2005), formuló y aplicó el Índice de Déficit por Desastre, IDD, con el fin de establecer un indicador que diera cuenta del impacto macroeconómico de los desastres extremos en los países de la región. Este indicador se obtiene de relacionar la pérdida causada por un Evento Máximo Considerado (EMC) y la resiliencia económica de un país o una región para hacer frente a dicho impacto con fines de reconstrucción.

Del modelo simplificado presentado en esta sección con fines de estimar el impacto de eventos extremos se concluyó que los efectos directos potenciales en Bogotá y su área circundante serían de US\$ 15,011 millones, para un sismo fuerte con un período de retorno del orden de 500 años, que corresponde a un evento cuya probabilidad de excedencia es del 2% en un tiempo de exposición de 10 años. De esta cifra US\$ 12,668 millones de dólares sería el costo directo de los daños en las edificaciones, tanto públicas como privadas, y US\$ 2,343 millones sería el valor de la pérdidas en la infraestructura de servicios públicos y las líneas vitales. El Estado tendría una responsabilidad fiscal de US\$ 3,109 millones, correspondientes al costo de los daños de las edificaciones públicas y la infraestructura, y de US\$ 4,818 millones correspondientes a las pérdidas directas esperadas en la vivienda de los estratos socioeconómicos más pobres. Estas cifras no han sido afectadas por ningún factor que incluya pérdidas indirectas, lucro cesante o daños en los contenidos de las edificaciones.

Los resultados obtenidos de estas modelaciones de riesgo son información de referencia de especial utilidad para estimar las pérdidas máximas directas agregadas, que podrían presentarse y que el país tendría que afrontar. En el caso de la modelación por sismo se incluyen las pérdidas no sólo de los inmuebles del sector público, en general, sino del sector privado, que no son responsabilidad del Gobierno Nacional cubrirlas en su totalidad. La mayoría de los analistas a nivel internacional consideran que sólo una fracción de las pérdidas del sector privado podría y debería ser atendida por el Estado según lo que establezca la Constitución y la ley en cada país. En el caso de Colombia la C.P. establece que el gobierno debe atender las necesidades de las personas en estado de debilidad manifiesta.

En Colombia por tratarse de un gobierno descentralizado, en teoría habría que considerar las responsabilidades del gobierno a nivel nacional, departamental y municipal. Sin embargo en el caso de eventos extremos como los que se han estimado en este trabajo difícilmente los municipios y departamentos podrían cubrir los costos de una reconstrucción con sus propios recursos. En consecuencia, este estudio no se realizó predefiniendo desde su inicio cuál es la responsabilidad del Estado. No obstante, si se intuyó que será parte de la responsabilidad del Estado reponer su infraestructura y posiblemente una fracción de los bienes del sector privado en el caso de sismo (como los de los estratos socio-económicos más pobres).

En este trabajo se realizaron evaluaciones generales, con la mejor información posible, haciendo supuestos cuidadosos y utilizando datos con una adecuada resolución acorde con el grado de consistencia de los modelos desarrollados y teniendo en cuenta el tipo de decisiones económicas que se espera se tomen con base en esta información. Se revisaron y utilizaron datos aportados por otros estudios hechos con mayor detalle. Se reconoce que existen deficiencias en la información y que sería deseable utilizar los modelos con información más detallada, aunque no se dispuso de más y mejor información. Los resultados presentados facilitan hacer diferentes supuestos de responsabilidad con las estimaciones obtenidas. Los valores pueden desagregarse en diferentes niveles lo que permite valorar cada supuesto e identificar posibles esquemas de transferencia de riesgo para proponerlas como alternativas de protección financiera.

Al respecto de la transferencia de riesgos, el gobierno central y algunas ciudades como Manizales y Bogotá han explorado las posibilidades de definir estrategias financieras para enfrentar su responsabilidad fiscal y sus pasivos contingentes mediante instrumentos de seguros/reaseguros para proteger la infraestructura pública y la promoción del seguro colectivo de los privados con mecanismos novedosos que intentan la protección de los estratos socio-económicos más pobres de manera subsidiada. Este tipo de iniciativas han permitido depurar el alcance de los estudios de riesgo de manera notable para que se puedan utilizar para este tipo de decisiones. Por otra parte, desde el punto de vista financiero se han hecho esfuerzos para identificar la manera de fortalecer la gestión del riesgo mediante mecanismos de cofinanciación de acuerdo con las capacidades de los municipios y departamentos. Hay iniciativas innovadoras para mejorar el funcionamiento del Fondo Nacional de Calamidades y de los fondos que a nivel territorial se han desarrollado o se pueden desarrollar. Al respecto se recomienda ver las propuestas y estrategias sugeridas en los estudios *Obligaciones contingentes del Estado por desastre, requerimiento de recursos y posibilidades de asignación*, informe del estudio sobre definición de la responsabilidad del Estado, su exposición ante desastres naturales y diseño de mecanismos para la cobertura de los riesgos residuales del Estado realizado por Cardona et al (2005c), ERN Colombia (2005), la *Estimación de pérdidas económicas para diferentes escenarios de riesgo en edificaciones públicas y privadas en Bogotá y análisis económico del riesgo residual en el Distrito Capital de Bogotá*, ERN Colombia (2006), y el *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*, ERN Manizales (2005).

La Tabla O.12 presenta la evolución del IDD para Colombia en 2004, utilizando las cifras de pérdidas calculadas en este estudio.

**Tabla O.12. Estimaciones del IDD para el año 2004**

<b>Cálculo del IDD</b>	<b>Evaluación 1</b>	<b>Evaluación 2</b>	<b>Evaluación 3</b>
<b>L500</b>			
Total - Millones US\$	15,011	55,541	55,541
Gobierno - Millones US\$	3,109	11,503	11,503
Est 1 y 2 - Millones US\$	4,818	4,818	4,818
Total - %PIB	15.51%	57.39%	57.39%
Gobierno - %PIB	3.21%	11.89%	11.89%
Est 1 y 2 - %PIB	4.98%	4.98%	4.98%
<b>Resiliencia económica</b>			
Primas Seguros - %PIB	1.38	1.38	1.38
Seguros/Reaseg.500 -F1p	109.39	225.23	225.23
Fondos desastres -F2p	4.84	4.84	4.84
Ayuda/donacions.500 -F3p	375.28	1388.52	0.00
Nuevos Impuestos -F4p	851.69	851.69	851.69
Gastos de capital - %PIB	3.37	3.37	3.37
Reasig. presuptal. -F5p	1957.67	1957.67	1957.67
Crédito externo. -F6p	0.00	0.00	0.00
Crédito interno -F7p	0.00	0.00	0.00
<b>RE.500</b>			
Total - Millones US\$	3298.87	4427.95	3039.43
Total - %PIB	3.41%	4.58%	3.14%
<b>IDD500</b>	2.4	3.7	5.4

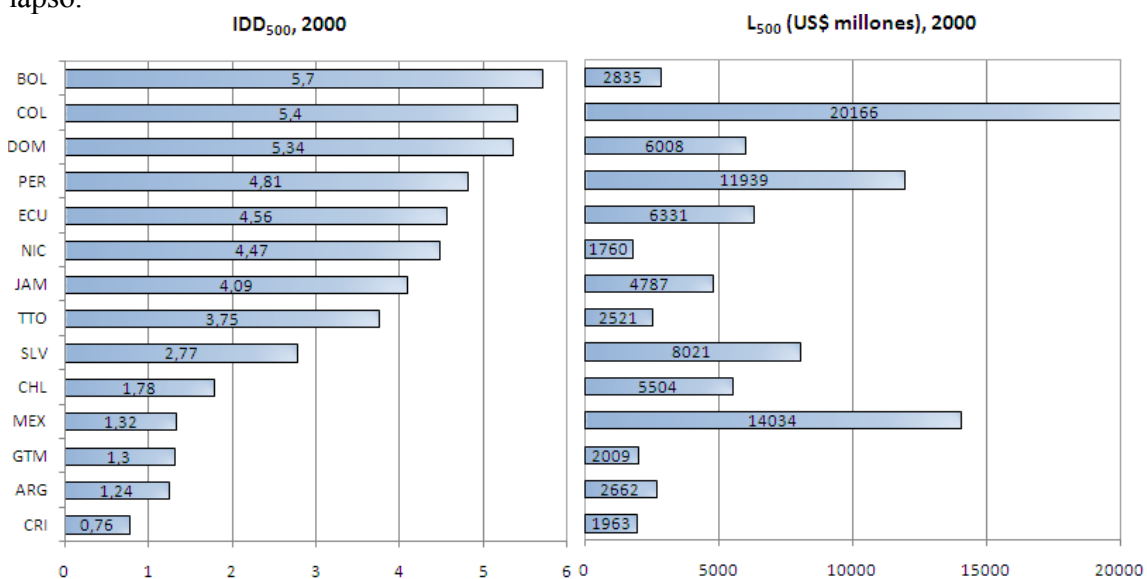
De acuerdo con la definición del IDD un índice mayor que 1.0 significa incapacidad económica del país para hacer frente a desastres extremos, aun cuando aumente al máximo su deuda. A mayor IDD mayor es el déficit. Si existen restricciones para el endeudamiento adicional, como es el caso de Colombia, esta situación implicaría la imposibilidad de recuperarse.

En la Evaluación 1 se presentan las cifras asociadas al daño “directo” total sobre el sector privado, sobre el sector público y sobre los estratos socioeconómicos de menores ingresos (estratos 1 y 2). También se incluyen los fondos a los que tendría acceso el Gobierno Nacional para llevar a cabo la reconstrucción. El IDD en este caso sería de 2.4. Esta valoración es adversa, no sólo por la magnitud del daño potencial sino por las restricciones que tiene el país para acceder a recursos. La situación de Colombia sigue siendo difícil en relación a su capacidad de obtener crédito externo o interno. Su déficit fiscal es del orden del 6% del PIB, la deuda está en el 55% de PIB, el déficit primario es del -1.2% de PIB con una tasa de crecimiento nominal de 8.8%. El déficit sostenible, de acuerdo con la metodología simplificada descrita en el programa BID-IDEA, es negativo; del -0.44% del PIB.

Esto significa que no existe margen para nueva deuda de acuerdo con dicho enfoque. Esta situación es preocupante, pues esta es la situación más favorable en el sentido de que la pérdida sólo se valora en términos de efectos directos y que los recursos a los que se podría acceder son valores optimistas, particularmente las donaciones y las cifras de posibles nuevos impuestos y de reasignación presupuestal. La Evaluación 2 corresponde a un cálculo similar al realizado en el Programa de Indicadores, donde las cifras de pérdidas intentan incluir los costos indirectos inducidos. En este caso las cifras de las pérdidas totales y del gobierno han sido afectadas por un factor de 3.7, excepto las pérdidas en los estratos de la población más pobre, dado que el valor a cargo del gobierno sería básicamente la reposición o costo directo de las viviendas afectadas. El IDD en este caso sería de 3.7 y sería comparable al obtenido en el Programa de Indicadores, que para el año 2000 se estimó en 5.4. Esto significa que el IDD para Colombia se ha reducido en los últimos 5 años, pero sigue siendo un valor muy alto y preocupante. Finalmente, la Evaluación 3 se realizó sin incluir la cifra ampliamente optimista de donaciones por casi US\$ 1,390 millones. Cifra realmente alta y que no necesariamente le llegaría al gobierno. En ese caso el IDD para 2004 sería de 5.4, similar al calculado en el 2000, considerando un EMC de un período de retorno de 500 años. En conclusión, la situación de Colombia, en cualquier caso, es muy delicada en relación a su capacidad económica para enfrentar un desastre extremo. Es importante que el Gobierno Nacional estime de manera más precisa sus pasivos contingentes por desastres y que establezca o consolide una estrategia de protección financiera.

**Comparación del IDD de varios países de la Américas**

La Figura O.7 presenta, a la izquierda, el IDD de los países en el año 2000 para el EMC de 500 años de período de retorno (probabilidad del 2% de ocurrencia en 10 años). A la derecha, se presenta la pérdida máxima, *L*, para el gobierno en ese mismo lapso.



*Figura O.7. IDD y pérdida máxima probable en 500 años*

Con excepción de Costa Rica (CRI), todos los países presentan un IDD mayor que 1.0, siendo la situación más crítica la de Bolivia (BOL) que presenta un índice de 5.70 ante una pérdida de US\$ 2,840 millones de dólares, seguido por Colombia (COL) con un índice de 5.40 ante una pérdida de US\$ 20,166 millones de dólares. Nicaragua (NIC) presenta un IDD en el 2000 por debajo de esos países pero en 2005 aumentó a 5.09 que es un valor muy alto.

La Figura O.8 presenta el índice de déficit por desastre y las pérdidas potenciales de los países para un evento de 100 años de período de retorno (probabilidad del 5% de ocurrencia en 10 años). En este caso la situación es crítica para ocho de los catorce países analizados, en cuanto a poder acceder a recursos para la reconstrucción. Nicaragua presenta la segunda situación más crítica. Seis países presentan un IDD menor que 1.0 con este tipo de evento, pero el impacto del desastre de todas maneras sería muy alto, en particular en el caso de México (MEX).

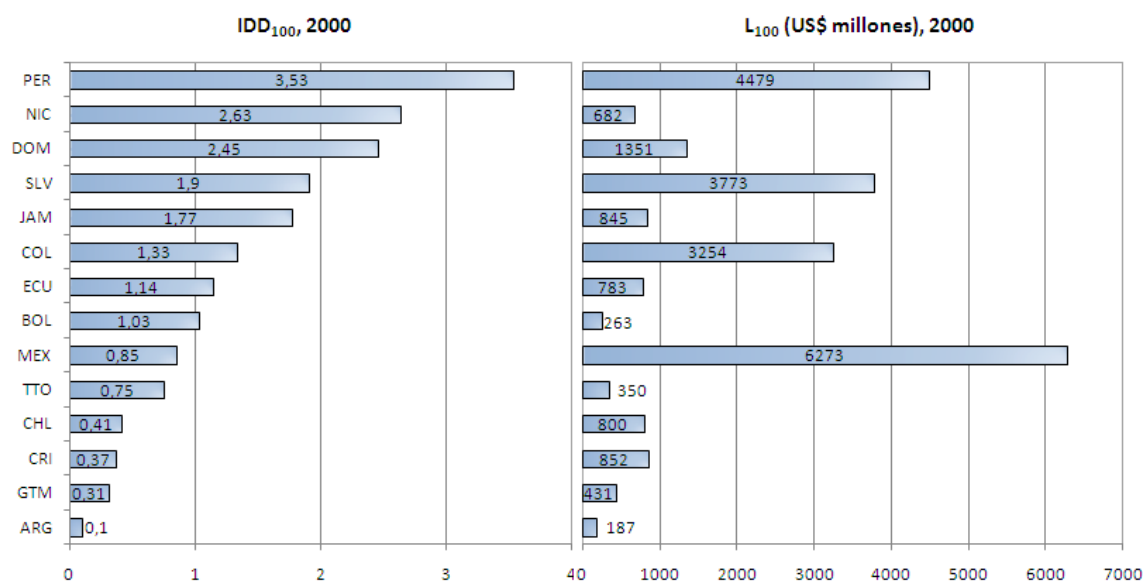


Figura O. 8. IDD y pérdida máxima probable en 100 años.

La Figura O.9 presenta el IDD y las pérdidas potenciales de los países para un evento de 50 años de período de retorno (probabilidad del 18% de ocurrencia en 10 años). La situación macroeconómica para cuatro de los países sigue siendo muy crítica, incluido Nicaragua, en caso de este evento de alta probabilidad de ocurrencia. Las pérdidas potenciales son significativamente altas aun cuando haya mayor resiliencia económica para enfrentarlas en diez de los catorce países.

La Figura O.10 presenta, a la izquierda, el  $IDD'_{GC}$  de los países en el año 2000. A la derecha, se presenta el valor de la pérdida anual esperada,  $L_y$ , para el gobierno. El Salvador (SLV) presenta el valor mayor del  $IDD'$  en relación con los gastos de capital. El pago anual de sus desastres futuros significaría el 32% de dichas inversiones. Le sigue Trinidad y Tobago (TTO) con el 9,22%. Nicaragua presenta un  $IDD'_{GC}$  de 6.32 que a 2005 aumentó a 7.9, que es un valor muy alto. En la



clasificación sólo cinco países tendrían valores de pérdida anual esperada por debajo del 5% de su presupuesto de inversión.

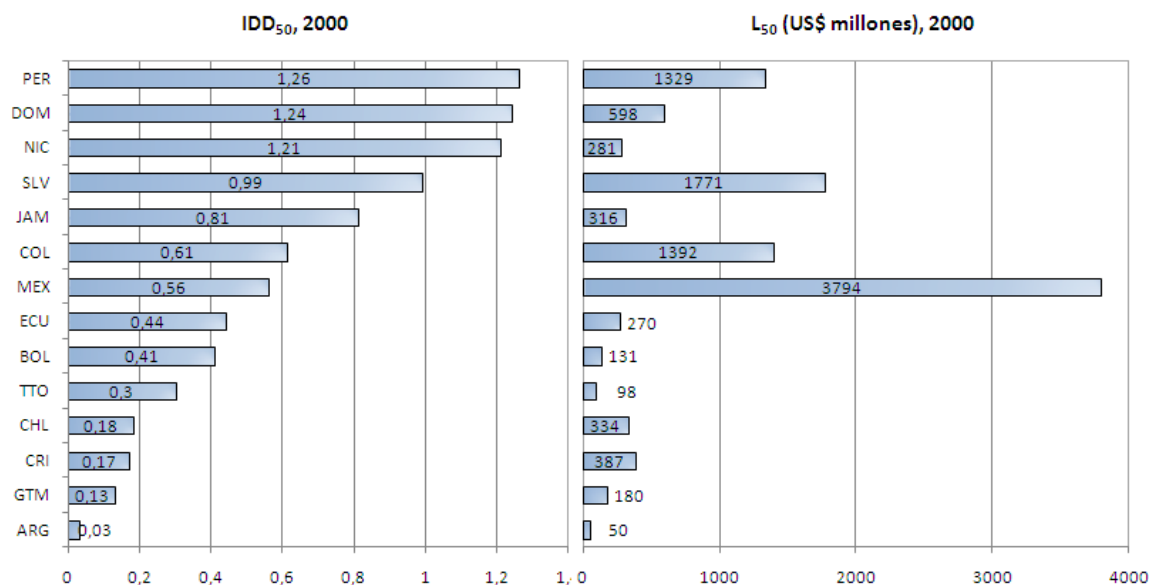


Figura O.9. IDD y pérdida máxima probable en 50 años.

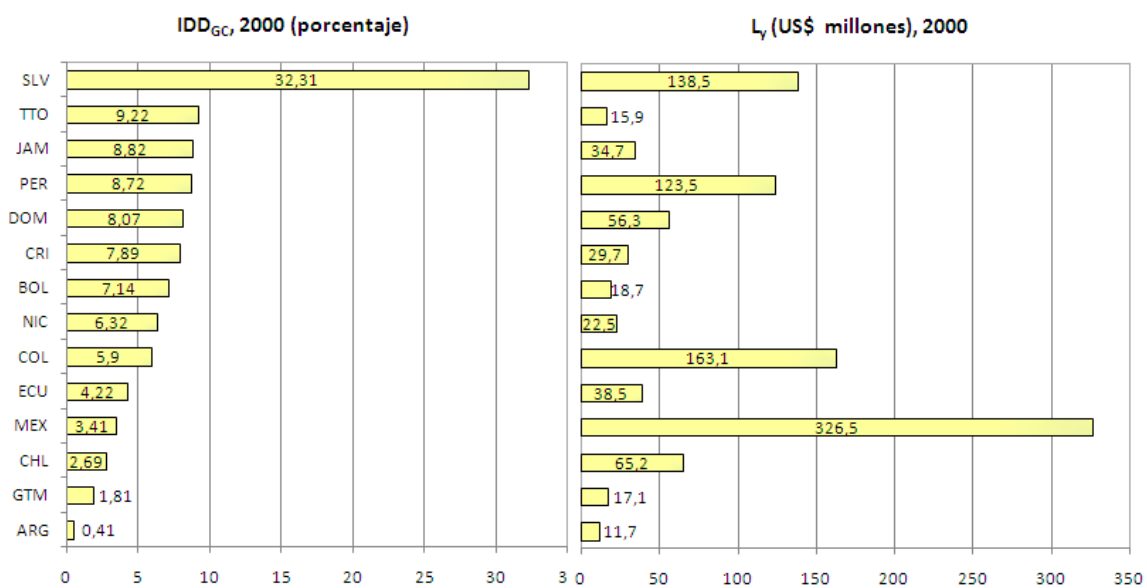
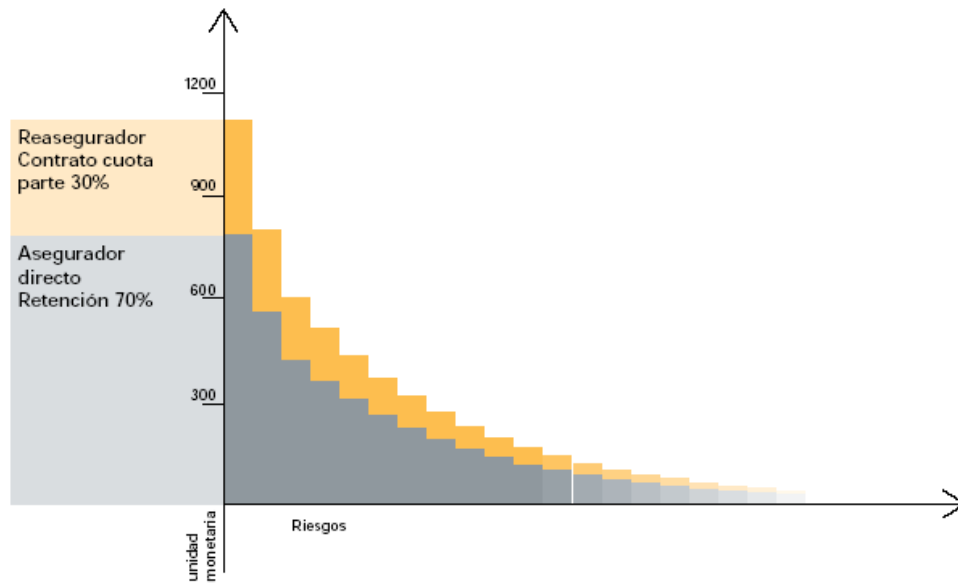


Figura O.10. IDD' y pérdida anual esperada

## **Anexo P. Mecanismos de transferencia de seguros y reaseguros**

El seguro en general es una figura financiera en la cual se transfiere el riesgo (entendido en este caso como el potencial de la pérdida económica) a una compañía de seguros. La compañía de seguros transfiere a su vez parte o la totalidad del riesgo a una compañía de reaseguros, bajo contratos de cobertura a partir de una cantidad acordada que puede, además, tener igualmente un límite o se comparte la pérdida a partir de cierta cantidad en forma proporcional según se determine previamente.

En el tipo de contrato de reaseguro proporcional, las primas y siniestros se reparten entre el asegurador directo y el reasegurador en una relación fija. Estos reaseguros pueden ser de cuota-parte o de excedente de sumas. Para el contrato de reaseguro tipo *cuota parte* (*Quote-share – QS*), el reasegurador asume una cuota fija de todas las pólizas que el asegurador ha suscrito en un ramo determinado. Dicha cuota determina la manera en que el asegurador directo y el reasegurador se dividen las primas y los siniestros. Por su sencillez, esta forma del reaseguro es fácil de manejar y suele ahorrar costos. Sin embargo tiene el defecto de que no permite recoger suficientemente bien el riesgo de las pérdidas más cuantiosas, por lo que genera un portafolio de riesgo poco homogéneo. Por su lado el contrato de reaseguro tipo *excedente de suma* (*Surplus – SP*), el asegurador directo retiene la totalidad del riesgo hasta un límite máximo de la cuantía asegurada. A partir de ese límite el reasegurador asume el resto de la cuantía asegurada. Las obligaciones del reasegurador se limitan a pérdidas no mayores a un múltiplo definido del límite máximo. De la repartición entre retención por parte del asegurador y cesión al reasegurador resulta una proporción del riesgo asegurado que determina la manera en que se dividen las primas y las pérdidas. La Figura P.1 ilustra esta modalidad.



*Figura P.1. Reaseguro de cuota parte.*

En el reaseguro de cuota-parte la proporción cedida al reasegurador es un porcentaje fijo e invariable, que se aplica en general a toda la cartera de riesgos como cesión en cuota parte al reaseguro. Este límite de cuota absoluto se conviene porque de otro modo el reaseguro de cuota parte podría ser demasiado desequilibrado, y el reasegurador ya no conocería su responsabilidad máxima por riesgo. La responsabilidad de la cedente por riesgo, las primas y los siniestros, se reducen consiguientemente, en el porcentaje definido como cesión en cuota. Esta modalidad de reaseguro es sencilla de administrar.

En el reaseguro proporcional por excedentes, se consideran porcentajes variables para la retención y para la cesión al reaseguro, según la magnitud de cada riesgo. La administración es un poco más compleja que el reaseguro de cuota parte. De un lado, la responsabilidad en la retención del cedente está determinada, con un importe fijo. Los riesgos dentro de este importe los retiene en su totalidad el asegurador directo por cuenta propia, y es a partir de este monto que los riesgos que superan esta retención se ceden al reaseguro.

En esta modalidad de reaseguro de excedentes, se reasegura la parte del riesgo original que supera la retención. El reaseguro está limitado por un múltiplo de la retención, estipulado contractualmente. En la retención quedan todos los riesgos originales cuya responsabilidad no supera la retención. La Figura P.2 ilustra esta modalidad.

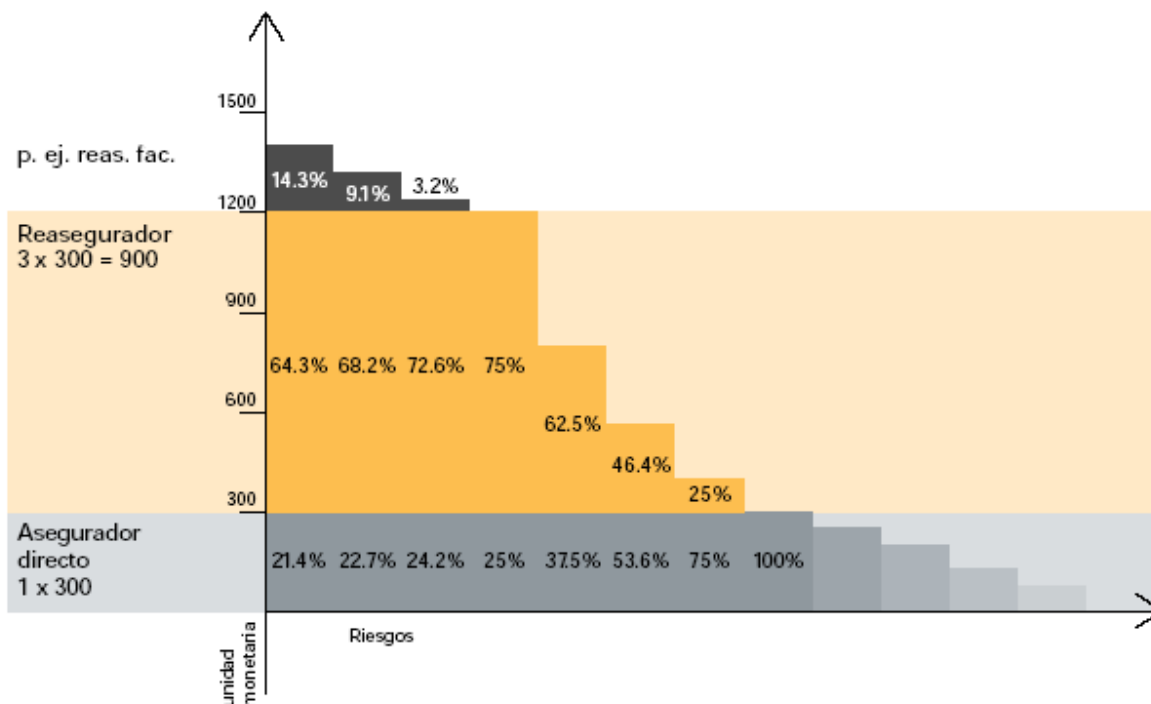


Figura P.2. Esquema del reaseguro de excedente de sumas

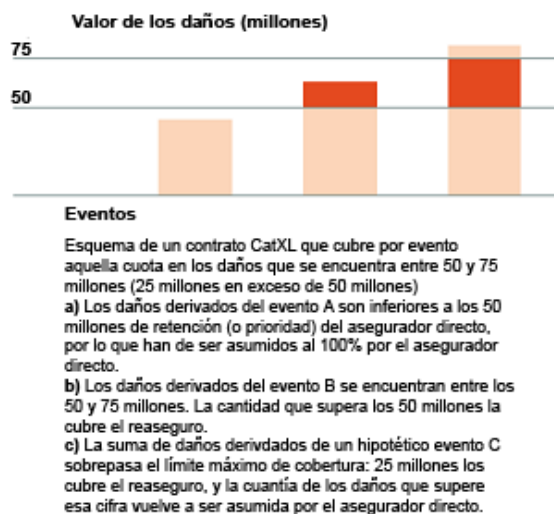
Tradicionalmente conocidas como la capacidad automática de las compañías de seguros y en detalle definidas como los contratos de cuota parte y de excedente siendo estas las definiciones que tradicionalmente han enmarcado la operación y la evolución de las aseguradoras desde lo que ha sido crecimiento, simplificación de la administración, costos y retención, circunstancias que involucran una serie de criterios de medición y control, adicionando a esto la regulación y normatividad actualmente existente por parte de la superintendencia de seguros. Para efectos de determinar el costo del reaseguro para las modalidades antes descritas es necesario realizar una serie de supuestos de valores característicos de mercado en relación con la capacidad automática, los porcentajes de retención y/o cesión, la tasa de cambio y las comisiones respectivas. En la Tabla P.1 se presentan valores característicos de mercado de los anteriores parámetros.

**Tabla P.1. Valores característicos de parámetros de negociación para contrato de reaseguro para la línea de incendio y líneas aliadas**

Capacidad de reaseguro		Capacidad US\$	Capacidad Col\$
	QS	4.545.455	<b>10.000.000.000</b>
<b>50.000.000.000</b>	SP	18.181.818	40.000.000.000
Retención/ contrato QS		<b>50%</b>	
Cesion/ contratos QS		50%	
Tasa de cambio Col\$/1US\$		<b>2.200,00</b>	
Comisiones de reaseguro		<b>Cuota parte</b>	<b>Excedente</b>
	Incendio	<b>40,00%</b>	<b>30,00%</b>
Terremoto		<b>15,00%</b>	<b>15,00%</b>

Los contratos de reaseguro se definen anualmente y con vigencia anual para incorporar dentro de su ámbito todos aquellos riesgos que cumplan con las características predefinidas y son de uso obligatorio, es decir, todos los riesgos deben ser incluidos antes de la utilización de cualquier otra figura de reaseguro, si la hubiere. En este caso la cesión de riesgos significará que la cesión de las primas se hace a tasas originales, es decir, que la prima comercial que la compañía de seguros cobre al cliente deberá ser la misma que se ceda al contrato en la proporción definida para la utilización del mismo y acompañan la suerte de la compañía de seguros en el resultado de la suscripción. Una vez se agota la capacidad automática en función del valor asegurado que se esté cediendo, la compañía de seguros puede optar por figuras complementarias de transferencia de riesgo como son los acuerdos facultativos para efectos de cubrir el 100% del valor en riesgo para el portafolio objeto del análisis.

También se utiliza la modalidad de contratos no proporcionales de reaseguos, en la cual los siniestros se reparten de acuerdo con las pérdidas que se dan efectivamente. Estas coberturas cada vez están más difundidas, sobre todo los denominados *Catastrophe Excess of Loss* o en forma abreviada, CatXL, exceso de pérdida catastrófica XL. En este tipo de contrato, el reasegurador se compromete frente al asegurador directo a asumir, por evento, aquella parte de la suma compuesta por numerosos siniestros individuales, que sobrepase un mínimo fijado (o prioridad) y que cuenta con un valor o límite superior de cobertura. Un ejemplo ilustrativo se presenta en la Figura P.3 en el cual el asegurador directo define una cuantía específica hasta la cual responde por la totalidad de las pérdidas.



**Figura P.3. Esquema de contrato.**

Este tipo de coberturas no van asociadas a la transferencia de riesgo con base en la suma asegurada de cada ítem, independientemente de la frecuencia siniestral que se presente dentro del portafolio en función de la mayor exposición que se dé en las sumas aseguradas. Por el contrario, el esquema de reaseguro se enfoca directamente a la historia de afectaciones que se presenten y que definen de una u otra forma el promedio de reclamaciones realizadas en el pasado. En su defecto se acude a la apreciación de las variables de riesgo frente a las curvas de exposición que se manejan dentro de los modelos de suscripción con que cuentan los reaseguradores.

La cobertura tradicionalmente se define para un período anual y la misma indemnizará todos aquellos reclamos que ocurran durante su periodo de vigencia sin importar el año de suscripción de la póliza objeto de la afectación. El costo de la póliza está dado a un precio para el período que se contrate y este es fijo, independientemente de lo que suceda con la prima original de cada riesgo suscrito. En este esquema, la alternativa de reaseguro no sigue la suerte de la compañía de seguros en su resultado de suscripción, ya que la estructura de reaseguros solo reembolsará los siniestros que superen un valor absoluto definido como la retención neta de la compañía de seguros o prioridad. Los valores de pérdidas por debajo de la prioridad, serán responsabilidad de la aseguradora. Ante la ocurrencia de un evento catastrófico y con el pago de una determinada indemnización, la cobertura se verá reducida en dicho monto y el reasegurador da la opción al asegurador de reactivarla mediante la figura denominada “reinstalamento” que no es más que la actualización del límite de reaseguro en función del monto reducido como consecuencia del siniestro y el tiempo que falta para la finalización de la vigencia del contrato de reaseguro para que el valor en riesgo definido como el mayor siempre este cubierto. El precio de esta cobertura va directamente ligado a las primas brutas esperadas para la compañía de seguros como consecuencia de los riesgos cubiertos por el contrato de reaseguro y considerando que no existe una proporcionalidad entre los que asuma la compañía y lo que transfiere, se define como tasa bien sea fija o variable y se le denomina como *Rate-On-Line*, ROL.

Dado que, por regla general, con un reaseguro CatXL, se aseguran grandes sumas, estas coberturas suelen estar divididas en distintas capas. A su vez, en cada una de esas capas participan a menudo distintos reaseguradores. Básicamente un contrato CatXL puede ser aplicado en la práctica varias veces durante su periodo de vigencia (generalmente un año), pero suele estar restringido por límites anuales o por un número máximo de reinstalaciones. La prima que exige un reasegurador por un contrato CatXL consta de varios componentes. Un importante papel en la tarificación lo desempeñan las pérdidas estimadas con los modelos de evaluación de riesgos, a partir de los cuales se calcula la pérdida anual esperada o prima pura (*expected annual loss*) para la cobertura deseada. No obstante, este valor sólo refleja la suma suficiente para pagar los daños previstos. Además de este componente del precio, el reasegurador tiene que incluir en la cuenta los gastos internos y externos en que incurra. Así mismo, el reasegurador ha de cubrir los costos de capital e intentar obtener un adecuado margen de beneficios por su actividad. Por lo tanto los componentes de la prima de reaseguro de un contrato Cat XL serían:

Pérdida anual esperada (prima pura) + Gastos administrativos + Costos de capital + Margen de beneficios = Prima de reaseguro

Una característica esencial de una prima CatXL de amenazas naturales es la gran importancia que en ella tienen los costos de capital en comparación con otros contratos de reaseguro.

## **Anexo Q. Descripción de un bono de catástrofe**

A principios de 1997 la Swiss Re decidió transferir una porción de sus riesgos por terremoto en California a través de la emisión de bonos de catástrofe por terremoto a dos años, como contraste a los métodos tradicionales de transferencia del riesgo a otros reaseguradores. Dado que la Swiss Re provee reaseguro a aseguradores que suscriben riesgo de terremoto en California, su exposición a pérdida fue predominantemente de eventos de grande pérdidas que pudieran exceder tanto los deducibles de los tomadores de las pólizas y el nivel de retención de los aseguradores. Y dado que ellos reaseguran un número de aseguradores que suscriben tanto pólizas residenciales como comerciales concluyeron que su potencial de pérdidas podría estar bien correlacionado con las pérdidas para toda la industria aseguradora. Después de unos cuidadosos estudios de ingeniería formuló el esquema de la Figura Q.1 que es un diagrama de los elementos de las transacciones.



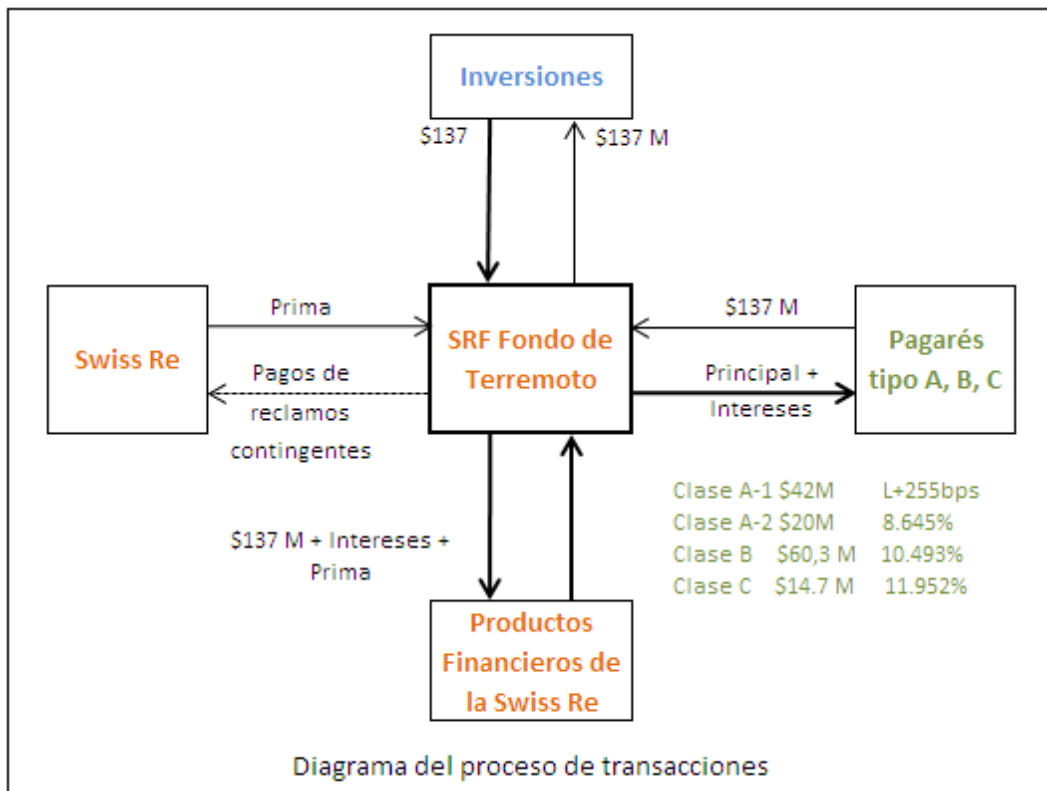


Figura Q.1. Esquema de un Bono Cat emitido por la Swiss Re para California

El SR Fondo de Terremoto, Ltda. es una corporación de reaseguro de propósito limitado (algunas veces conocido como vehículo de propósito especial o SPV en inglés) establecido en las Islas Caimán, con el propósito sólo de proveer un contrato de catástrofe a dos años para el beneficio de la Swiss Re en Zurich, Suiza. En esencia, SR actúa como un resasegurador de la Swiss Re para el riesgo sísmico de California. SR pagará a la Swiss Re si las pérdidas de la industria de seguros (según lo reporte la Property Claim Services) exceden uno de los cuatro niveles, US\$ 12,000 millones, US\$ 18,500 millones, US\$ 21,000 millones y US\$ 24,000 millones.

Las fuentes de fondos de SR para el pago vienen de los productos originales de los tomadores de pagarés más la prima de reaseguros pagada por la Swiss Re y los ingresos provenientes de las inversiones realizadas en otros productos. Productos Financieros de la Swiss Re convierte los ingresos de las inversiones tanto en LIBOR (tasas de depósitos a corto plazo ofrecidas por la mayoría de los bancos de Londres) o en cantidades de tasa fija para pagos a los tenedores de pagarés. Un mayor beneficio de esta estructura es que la moneda es colocada en *trust* para el beneficio de la Swiss Re. No hay crédito para riesgo, como lo hay en los contratos tradicionales de reaseguro.

De no ocurrir el evento que dispare en el periodo de los dos años, los tomadores de los pagarés reciben la totalidad del capital principal y el interés. Si el evento disparador ocurre entonces cada tipo de pagaré sufre un baja desde el 33% al 100% (en caso del

evento de US\$ 24,000 millones). La pérdida esperada para los inversionistas se deriva de la curva de valores de excedencia de pérdidas para cada uno de los niveles aplicables de pérdida de la industria y el porcentaje definido de la reducción de capital en cada nivel. Para ampliar el mercado de pagarés y para proveer a los inversionistas una calificación independiente de los números de las pérdidas el servicio de inversiones Moody ha sido involucrado.

En adición a la revisión del análisis de riesgo esta empresa asignó una valuación para los tipos de pagaré A-1, A-2 y B, con una calificación basada en la pérdida esperada para los inversionistas. Esta calificación se obtiene del modelo que compara el riesgo con los datos históricos de no pago de bonos. Muchos inversionistas no compran bonos que no estén calificados y se restringen a ciertos grados de calificación de las inversiones. (Las calificaciones de bonos de Moody van desde la más alta cualidad, Aaa, hasta el nivel de no pago, C. Las calificaciones de inversión están limitadas a Baa o superiores). Para esta transacción los tipos A-1 y A-2 recibieron una calificación de Baa 3; el tipo B recibió una calificación de Ba1 y la tipo C no fue calificada. Esto permite a los inversionistas seleccionar sus inversiones basadas en su riesgo de la seguridad. Cada vez que una negociación se realiza el valor del riesgo es reevaluado por el mercado, generando una verificación y comparación del riesgo por terremoto en California. El valor es menos transparente en los contratos tradicionales basados en seguros y reaseguros y sólo se determina en la renovación anual de la póliza. Transacciones de bonos de catástrofes han sido realizadas para amenazas como huracanes, tormentas y terremotos en Estados Unidos, Japón y Alemania entre otros.

Un área que requiere de cada vez mayor investigación es la cuantificación de las fuentes de incertidumbre en los modelos técnicos y científicos porque el riesgo, en la definición del mercado de capitales, está basado en la pérdida media más la volatilidad o varianza. Aunque los inversionistas están llegando a conformarse con títulos de riesgo de catástrofe basados en estimaciones derivadas de modelos, el precio del riesgo es gravado con una prima importante de incertidumbre en los números. Por ejemplo, recientes transacciones de bonos de catástrofe tienen multiplicadores de rentabilidad/riesgo (rentabilidad anual esperada dividida por pérdida anual esperada) de cuatro a cinco veces. Aunque todos los títulos tienen una prima de riesgo este multiplicador podría ser mejorado entendiendo más las incertidumbres. Con un multiplicador reducido el precio y la disponibilidad podría mejorarse.

La combinación de nuevos conocimientos de la ciencia y la ingeniería, la tecnología de los computadores, los avances en las técnicas de información y las innovaciones del mercado financiero están ampliando las fuentes de capital para el riesgo de catástrofe. Con la titularización y negociación de productos de riesgo de catástrofe y el precio basado en mercados se ampliará el espectro de las decisiones financieras, afectando el precio del riesgo para cada sector involucrado en la gestión de riesgos: gobierno, propietarios de vivienda, corporaciones, aseguradores y reaseguradores,

científicos e ingenieros y profesionales en general relacionados con el riesgo de los desastres. En el futuro, el grado de participación dependerá de factores como:

- El desarrollo de estándares de los productos. La estandarización reduce los costos e incrementa la negociación.
- Desarrollo de una adecuada regulación. Numerosos aspectos de regulación, impuestos y contabilidad requieren ser resueltos antes de que los emisores puedan ganar los beneficios de la titularización. Esto le da consistencia a los precios. Si las tasas primarias están por debajo de lo que el mercado de capitales requiere no habrá suficiente capital para soportar los riesgos por catástrofe subyacentes.
- La aceptación de los inversionistas. El análisis del riesgo de los bonos cat y sus conceptos subyacentes, científicos y de ingeniería, son por su naturaleza complejos. Los inversionistas necesitan entender muy bien antes de sentirse cómodos con los bonos cat como lo están con otros tipos activos estructurados. Además de un esfuerzo importante en educación, posiblemente la creación de un índice de pérdidas por catástrofe podría proveer transparencia a los inversionistas del mercado de capitales.
- La eficiencia económica. El precio de los Bonos CAT aún está por encima de los precios del actual mercado de reaseguros lo que ha generado un lento desarrollo del mercado. Con el tiempo, estos costos, se espera, deben empezar a declinar y aunque los precios de los reaseguradores se puedan modificar optando por opciones más baratas y menos complejas, dado que la capacidad finalmente maneja el precio, el enorme tamaño de los mercados de capitales podría reducir notablemente el precio y la volatilidad.

## Anexo R. La regla óptima de acumulación y gasto

Para efectos de evaluar un fondo de reservas para desastres es importante describir cómo debe operar, en general, un fondo de compensación y cómo se puede definir su regla de acumulación y gasto, con el fin de lograr la mejor eficiencia posible. Desde una perspectiva económica se puede decir que la gestión del riesgo hace parte de la política de estabilización del gobierno nacional. En efecto, un terremoto, una inundación u otro evento natural se pueden catalogar como un choque exógeno negativo sobre el sistema económico y social, el cual tiene consecuencias macroeconómicas y microeconómicas. En primer lugar, el efecto inmediato es la destrucción de parte del *stock* de capital y de la capacidad productiva de los agentes privados y del Estado.

En el corto plazo se podría decir que actúa como un choque de oferta que reduce el producto y el empleo en la economía regional o nacional dependiendo de la escala y la magnitud del evento. En este sentido, no se diferencia de otros tipos de choques como los cambios adversos sobre la productividad y los incrementos de los costos de producción, que terminan por reducir el ritmo de crecimiento y de empleo. Paralelamente, se puede generar un brote inflacionario que conducen a políticas monetarias restrictivas que agravan la situación de desempleo. De allí que sea fundamental que las autoridades económicas incorporen en sus análisis el “riesgo de los desastres” como el potencial de choques macroeconómicos negativos.

De otro lado, la situación fiscal del Estado puede verse deteriorada. El desastre reduce la base tributaria y aumenta las necesidades de gasto. El gobierno puede acudir a endeudamiento interno o externo, dependiendo de las condiciones de la economía nacional y de los grados de libertad con que cuente para aumentar los ingresos tributarios. En algunos países existen mecanismos de excepción que posibilitan al gobierno crear impuestos sin “representación”, sin embargo, ello requiere que se cumplan unas condiciones legales y constitucionales. De todos modos, los mayores impuestos o un ritmo más acelerado de endeudamiento

comprometen la credibilidad de la política pública y la estabilidad macroeconómica, dejando abierta la puerta para la monetización del déficit o el *default* de deuda, con sus obvias consecuencias negativas: inflación y cierre de los mercados de crédito.

En otras palabras, un desastre puede poner en peligro la sostenibilidad externa de la economía y desencadenar una crisis de balanza de pagos. Si el evento afecta de manera considerable la infraestructura y la capacidad productiva de los sectores transables de la economía, sin duda, el saldo de balanza comercial se deteriora, en parte por la reducción abrupta de las exportaciones y por el incremento de las importaciones. Si bien las donaciones internacionales y los créditos externos de ayuda compensan el desequilibrio en la balanza de pagos, en general, nunca son suficientes, por lo cual, los agentes sienten que las condiciones se deterioraran aún más, anticipando una depreciación del tipo de cambio, conduciendo a una fuga de capitales y a su obvia repercusión negativa sobre las reservas del Banco Central. Una gran depreciación del tipo de cambio presionara aún más el proceso inflacionario, obligando al gobierno y al Banco Central a políticas contractivas, reduciendo la demanda y la generación de empleo. El país podría caer en una trampa de bajo crecimiento sin que pueda salir fácilmente de ella, disminuyendo sustancialmente la eficacia de la política pública.

Por supuesto, esta cadena de eventos afecta el bienestar de las familias por medio de reducciones del ingreso y del consumo. En la medida que los agentes son adversos al riesgo, estarían dispuestos a sacrificar parte de su ingreso para reducir las variaciones bruscas en su consumo a lo largo del tiempo. Algunos estudios muestran que el costo de las fluctuaciones del consumo en algunos países se acerca a valores del orden del 5% del mismo. Sin embargo, este porcentaje podría aumentar ostensiblemente si se considera que gran parte de los hogares carecen de mecanismos de cobertura financiera y son racionados en los mercados de capitales.

En este orden de ideas, se puede defender la idea de utilizar mecanismos de estabilización o compensación de pérdidas de los agentes. Un fondo es un instrumento idóneo bajo ciertas circunstancias. Por ejemplo, se puede constituir como un mecanismo que otorga subsidios a las familias cuando se presentan choques negativos transitorios. Un fondo de compensación no es otra cosa que un mecanismo financiero que permite implementar una política de suavizamiento del consumo, es decir, permite ahorrar y acumular recursos en momentos donde la economía atraviesa por “buenos tiempos” y los gasta cuando se reversan las condiciones, es decir, en crisis o en situaciones de desastre natural o antrópico.

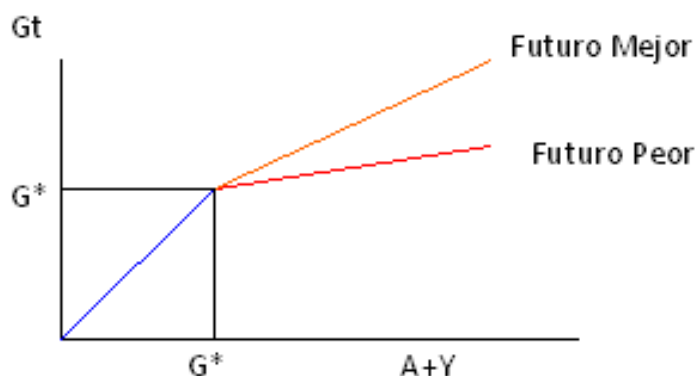
Siguiendo un sencillo esquema desarrollado por Blanchard y Fisher (1989) y asumiendo que el gobierno tiene acceso ilimitado a los mercados de crédito, la regla óptima de gasto del Fondo de Compensación para cada período es igual a una fracción del valor de la riqueza total, la cual es igual al valor presente de los ingresos esperados y el monto acumulado (o adeudado) en el Fondo. La expresión es:

$$C_0 = \left( \frac{r}{1+r} \right) \left[ E \left[ \sum_{t=0}^{\infty} (1+r)^{-t} Y_t | 0 \right] + A_0 \right] \quad (\text{R.1})$$

Donde,  $E_0$  denota la expectativa sobre la variable  $Y$  en el momento 0,  $r$  es la tasa de interés y  $A_0$  es el saldo disponible en el fondo en el momento inicial. “Luego el fondo de acumulación óptimo opera como si hubiera certeza absoluta acerca de los flujos futuros de ingresos. Esta propiedad poco deseable se debe al supuesto de utilidad cuadrática, la cual describe de manera poco satisfactoria el comportamiento frente al riesgo” (Bach y Engel, 1992). De todos modos, se puede considerar como un punto de partida interesante para el análisis. De hecho, la regla óptima de acumulación del fondo de compensación (que en este caso es de calamidades) es muy simple:

$$A_t = \sum_{i=1}^{t-1} \alpha (Y_i - \bar{Y}) \quad (\text{R.2})$$

Donde,  $Y_i$  es el ingreso observado del gobierno y  $\bar{Y}$  el ingreso promedio o de mediano plazo. El coeficiente  $\alpha$  representa el porcentaje de los ingresos que se destina al fondo de reservas para desastre. Es claro que cuando los ingresos observados están por debajo del nivel promedio, lo que se genera es un gasto del fondo que obedece a la ecuación R.1. Dicho porcentaje debería surgir de un problema de minimización de la pérdida social, donde se contemplen los diversos objetivos del gobierno (equidad, crecimiento, estabilidad macroeconómica, etc.). Por supuesto, en la política real, la distribución de los excedentes obedece a la puja entre ministerios e institutos. En la medida que la gestión del riesgo no es una prioridad del Estado se reducen las posibilidades de mejorar la participación en la torta presupuestal. Reconociendo que aunque la normatividad de los fondos para desastres permite, en la mayoría de los casos, el endeudamiento, en general, es difícil acceder a recursos externos de financiamiento. Bajo estas condiciones, la cantidad acumulada en el fondo,  $A_t$ , siempre tendrá que ser mayor o igual a cero. A partir de una función de utilidad con aversión constante al riesgo y con una tasa de descuento intertemporal igual a la tasa de interés internacional, se puede mostrar que existe un mayor incentivo a ahorrar en el fondo. Aunque en éste caso no se puede obtener una solución explícita, si se pueden encontrar reglas de acumulación y gasto óptima por métodos numéricos (Bach y Engel, 1994). En la figura R.1 se muestra esquemáticamente una regla de gasto, la cual establece la relación de las erogaciones en cada momento  $t$  en función de los recursos disponibles:  $A_t + Y_t$ .



*Figura R. 1. Regla de gasto.*

La descripción del resultado es sencilla. Si los recursos del fondo son menores a un mínimo ( $G^*$ ), lo óptimo es que en cada instante se gasten todos los recursos disponibles, es decir, lo acumulado hasta el momento y los ingresos asignados por el gobierno en dicho período. Si los recursos pasan de dicho umbral, no se gastan todos los recursos y la propensión a gastar es menor que 1. De hecho, ésta dependerá de la aversión al riesgo y de la volatilidad de los ingresos. También se muestra que si se percibe un futuro mejor, es decir, un estado del mundo con menores desastres, la propensión al gasto del fondo aumenta. Por el contrario, cuando se percibe un mundo más gris se requiere que el fondo ahorre más en el presente. Este mecanismo es óptimo en la medida que considera los ingresos esperados y el monto acumulado en el fondo para definir el gasto, además permite ajustar el gasto con base en los diversos estados del mundo futuros (Bachs y Engel 1994).

### **Ahorro óptimo considerando los desastres menores**

Uno de los más interesantes resultados del análisis histórico de los costos de los “desastres menores” es sin duda su alto impacto negativo sobre los patrimonios y los ingresos de los hogares más pobres. Su alta frecuencia e impacto moderado tiene consecuencias para la política pública. De allí que en este documento se defiende la idea que un Fondo Nacional y los Fondos Regionales que deberían existir a nivel subnacional, deben acumular recursos para hacerle frente a este tipo de eventos “pequeños” pero “recurrentes”.

En primer lugar, al ser eventos que se repiten en el tiempo de manera cíclica, con diversa magnitud, alcance y duración requieren de mecanismos de compensación de pérdidas que de no existir -ya sea porque el mercado no los provee o que el Estado no tiene una política pública clara y coherente- podrían tener efectos dramáticos acumulativos sobre todos los agentes que carecen de medios de cobertura y administración del riesgo. Esto es mucho más grave cuando eventos similares recaen sobre las mismas familias -pobres y vulnerables- de manera sistemática y recurrente.

En segundo lugar, su menor impacto hace que sean “invisibles” desde el punto de vista de la opinión pública, limitando la acción eficaz para reducir los costos sociales. En efecto, como lo mostró Amartya Sen, las hambrunas no se originan por la falta de alimentos, sino porque la sociedad carece de mecanismos que permitan la movilización de recursos para atender a los afectados. En este sentido, todas las pérdidas las soportan los hogares, ahondando su vulnerabilidad y fragilidad ante un evento similar.

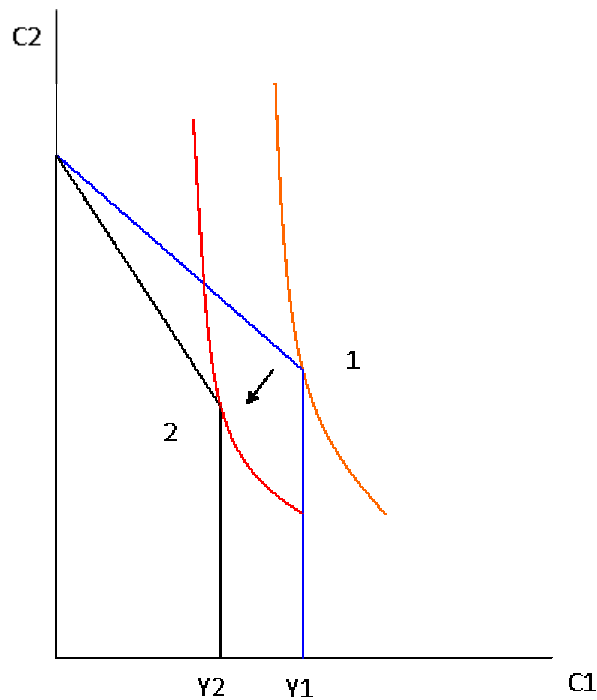
En este orden de ideas, se puede interpretar este tipo de “desastres” como choques esperados, es decir, como eventos negativos que ocurrirán en el futuro y que los agentes pueden predecir con base en la información estadística que poseen y la experiencia histórica<sup>34</sup>. Si todas las familias tienen acceso al crédito y a los instrumentos financieros de cobertura, no es difícil mostrar que la decisión óptima de los hogares es reducir su consumo presente, para generar los ahorros y recursos necesarios que le permitan compensar las pérdidas futuras, manteniendo de esta manera su consumo relativamente constante a lo largo del tiempo, minimizando las pérdidas en bienestar. Por supuesto, este es un mundo ideal.

En las sociedades realmente existentes, una gran parte de los hogares sufren de racionamiento del crédito y de restricciones de liquidez. Bajo estas circunstancias, las familias deben reducir su consumo cuando se presenta el choque negativo. En la práctica es imposible que el hogar pueda realizar alguna acción para suavizar su consumo. De hecho, el consumo reflejará una alta volatilidad generando grandes pérdidas de bienestar. En la figura R.2 se presenta dicha situación de manera simplificada en dos períodos.

---

<sup>34</sup> Es normal que los afectados se quejen de que el gobierno no hace nada frente a inundaciones que se repiten todos los años.





**Figura R.2. Reducción del consumo.**

La figura muestra el caso de una familia que sufre de restricciones de liquidez, es decir, carece de acceso al mercado de capitales y por tanto no puede suavizar su consumo a lo largo del tiempo<sup>35</sup>. Suponiendo que se encuentra inicialmente en el punto 1. Allí se observa que el hogar consume exactamente su ingreso presente, lo mismo se cumple para el período futuro. Si se produce un desastre que lo afecte, por ejemplo, una inundación, un deslizamiento o un temblor pequeño, el impacto puede reducir su ingreso. Como se observa en el gráfico, la familia debe reducir su consumo actual en la misma proporción en que se reducen sus recursos. Por supuesto, este cambio genera grandes pérdidas de bienestar que el hogar no puede compensar. Esto explica una situación que es dramática debido a la ocurrencia de los desastres pequeños, pero que no es reconocida debidamente.

De una parte dichos eventos afectan a las familias pobres que carecen de acceso al crédito y recursos financieros. De otro, las pérdidas son asumidas por los hogares, por medio de la reducción de su consumo, ya sea de bienes o de servicios habitacionales, entre otros. Si bien la escala de los costos a nivel individual es imperceptible, cuando se agregan, pueden ser equivalentes al impacto de “grandes” eventos. De allí que sea necesario diseñar un mecanismo de ahorro precautorio que permita compensar parte de las pérdidas para los hogares. Por supuesto, dicho

<sup>35</sup> Las curvas de la figura parten del supuesto que una familia tiene una función de bienestar o utilidad que depende del consumo presente y futuro  $U(C1, C2)$ . La figura ilustra curvas de nivel de utilidad constante. Como  $U$  tiene ciertas propiedades matemáticas las curvas de indiferencia  $U(C1, C2) = \text{Constante}$ , se pueden dibujar como lo indica la figura. El agente maximiza cuando la curva presupuestal (la recta alcanza la curva de indiferencia más alta. Existe todo un mapa denso de estas curvas.

esquema tiene que estar en cabeza de un agente que tenga acceso al crédito y a recursos financieros. Los gobiernos subnacionales y el Gobierno Nacional son los llamados a generar los recursos que puedan servir como mecanismo de protección y de compensación para los hogares, de tal manera que se logre minimizar la caída del bienestar social.

El problema puede resolverse de una manera indirecta. Se asume que existe un agente representativo que tiene acceso al crédito y puede liberar recursos que le permiten suavizar su consumo a lo largo del tiempo. Una vez se determina el ahorro óptimo, dada la pérdida esperada, se infiere que el Estado debería ahorrar ese monto con el fin de resolver el problema de la externalidad negativa generada por la ausencia de mercados financieros especializados y la existencia de grandes restricciones de liquidez. Siguiendo el trabajo de Freeman *et al* (2003), se considera un individuo que vive dos períodos, y tiene preferencias definidas por  $U(C1)+U(C2)$ . Tiene un ingreso de  $E$  igual en los dos períodos, pero con alguna probabilidad  $p$  de perder una suma de  $\Delta$  en el segundo período. Conociendo esto, el individuo decide sobre su nivel de ahorro  $S$  en el primer período y el número de unidades de seguro  $n$  que debe comprar. Cada unidad de seguro cuesta  $q$  y paga  $Q$  si el desastre ocurre. El consumo en el primer período se define como:

$$C_1 = Y - S \quad (\text{R.3})$$

El consumo en el período 2 en el estado malo es:

$$C_2^M = Y + S - \Delta + nQ \quad (\text{R.4})$$

En el estado bueno en el cual no ocurre la pérdida

$$C_2^B = Y + S - nq \quad (\text{R.5})$$

Por tanto, el problema del consumidor es

$$\begin{aligned} \text{Máx} \quad & U(Y-S) + pU(Y + S - \Delta + nQ) + (1-p)U(Y + S - nq) \\ & S, n \end{aligned} \quad (\text{R.6})$$

Resolviendo este problema, asumiendo la existencia de seguros actuarialmente justos, así que  $pQ=(1-p)q$ , se llega a un resultado simple.  $C1=C2$  y el ahorro del agente del primer período es  $S=nq/2$ . Si se utiliza una función de utilidad con aversión absoluta al riesgo constante, como:

$$U(C) = K_1 - K_2 e^{-\alpha C} \quad (\text{R.7})$$

Se llega a una regla simple del “dedo pulgar”. En efecto, el ahorro óptimo del agente debe ser igual a:

$$S^* = \left(\frac{1}{2}\right)p\Delta \quad (\text{R.8})$$

Es decir, el individuo racional debe guardar el equivalente de la mitad de las pérdidas esperadas en el futuro. “Esto tiene una simple intuición. El consumo en el período 1 es  $Y-S$ , el consumo esperado en el período 2 (dada la ausencia de seguros) es  $Y+S-p\Delta$ . Así, para suavizar el consumo se requiere que  $S = p\Delta/2$ ”<sup>36</sup>. Como se anotó en los acápites anteriores, gran parte de los hogares están sujetos a restricciones de liquidez, lo cual impide que en ausencia de seguros puedan seguir la regla óptima derivada. Ello indica que el Estado debería tratar de que dicha regla se cumpliera. Con ello no sólo reduciría las pérdidas de los agentes, sino que mejoraría el bienestar y la eficiencia de la economía. En este orden de ideas, es importante insistir en la necesidad que los entes territoriales y el Gobierno Nacional hagan un esfuerzo para alcanzar por lo menos un ahorro anual para hacerle frente a los desastres “pequeños y recurrentes”.

---

<sup>36</sup> Freeman Paul K, M. Keen, and Muthukumara Mani (2003), Dealing with Increased Risk of Natural Disasters: Challenges and Options”, IMF, WP 197.

## **Anexo S.      Diseño de un fondo de compensación**

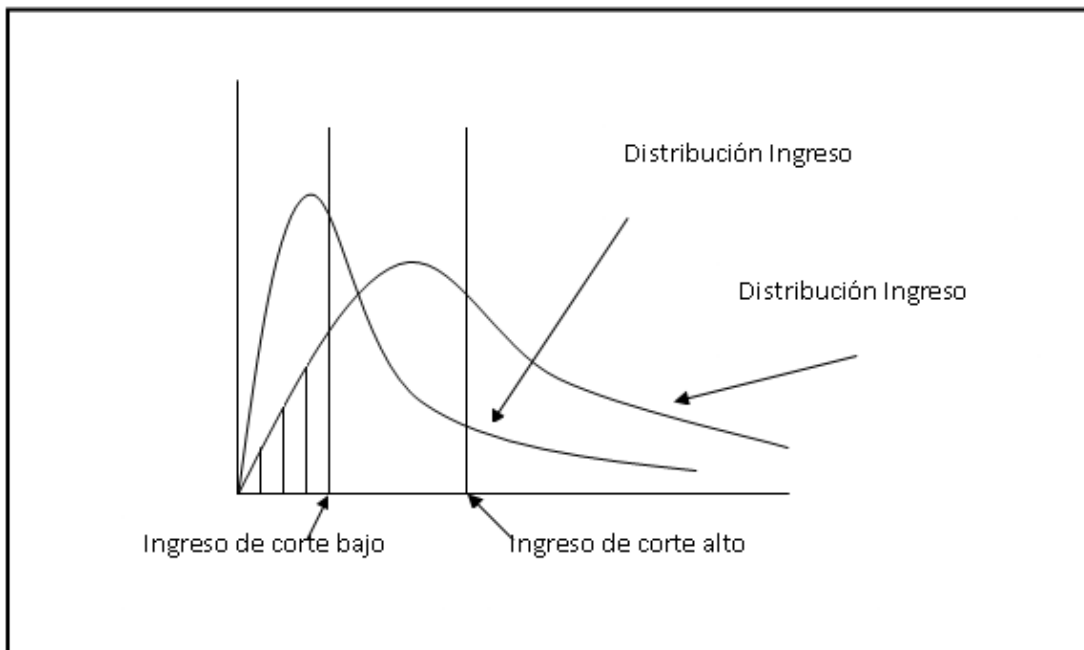
Una alternativa para promover el aseguramiento tanto de municipios de menores como mayores ingresos, es crear un Fondo de Compensación. Los hechos presentados permiten definir de manera general dos tipos de jurisdicciones territoriales. Un grupo de altos ingresos y otro de bajos ingresos. Los entes territoriales con altos ingresos, en general, también tienen menores grados de vulnerabilidad y mayor resiliencia frente a los desastres, mientras que los municipios pobres enfrentan una alta vulnerabilidad y baja resiliencia. Ahora bien, la distribución del “margen de ingresos” de libre destinación de los municipios de mayor vulnerabilidad acumula más alcaldías y gobernaciones bajo cualquier nivel que la distribución de las jurisdicciones de menor vulnerabilidad y mayor margen de ingresos. Esta característica se denomina dominancia estocástica de primer orden. De manera similar a los mercados de seguros de salud, bajo estas condiciones se podrían presentar problemas de segmentación por ingresos y segmentación por riesgo así como discriminación por precios. En efecto, los municipios más pobres y vulnerables terminarían siendo atendidos por el gobierno nacional. Estos municipios en caso de asegurar su infraestructura y sus estratos de más bajos recursos sufrirían de una penalidad, pues las compañías de seguros les fijarían primas de seguros más altas por considerarlos malos riesgos<sup>37</sup>. Este resultado, exige un mayor esfuerzo fiscal del gobierno para atender la demanda de los municipios más vulnerables con el objeto de poder cubrir las demandas por asistencia y compensación de los desastres naturales sobre los hogares pobres y su infraestructura pública.

---

<sup>37</sup> Ver Stephen Blackburn, Consuelo Espinosa y Marcelo Tockman (2004)

Adecuando el modelo de seguros desarrollado por Blackburn *et al* (2004) se podría pensar que un Fondo de Compensación que integre a los municipios y a las aseguradoras interesadas reduciría la segmentación por riesgo y disminuiría la demanda de recursos fiscales por parte del Estado. Se supone que existen dos tipos de municipios: más y menos vulnerables. Los municipios deben determinar si compran seguros privados para atender a los pobres y proteger su infraestructura pública o retener el riesgo y asumir los costos de la atención y la recuperación de las poblaciones afectadas. En ausencia de un Fondo de Compensación, la situación se ilustra en la figura S.1.

Como los municipios o departamentos de mayor riesgo enfrentan mayores primas de seguros para un plan de cobertura determinado, ello exige un mayor margen de ingreso libre de destinación para acceder al mercado privado, por tanto, un gran número de este tipo de entes territoriales preferiría retener el riesgo de la población objetivo y de la infraestructura municipal o departamental, esperando que el Estado les ayude con transferencias o donaciones. Por el contrario, los municipios o departamentos de menor riesgo pueden acceder a primas más bajas y por tanto requieren un margen de ingreso menor, lo que permite que muchos de estos municipios o departamentos accedan a contratos de seguros con compañías privadas. Existirá un número menor de jurisdicciones de este tipo que asuma todos los riesgos (región rayada). Este resultado es ineficiente, pues el Estado debe asumir la cobertura explícita o implícita de los municipios o departamentos más pobres y con mayor vulnerabilidad.



Fuente: tomado y adaptado de Blackburn *et al* (2004)

**Figura S.1. Situación hipotética en ausencia de Fondo de compensación**

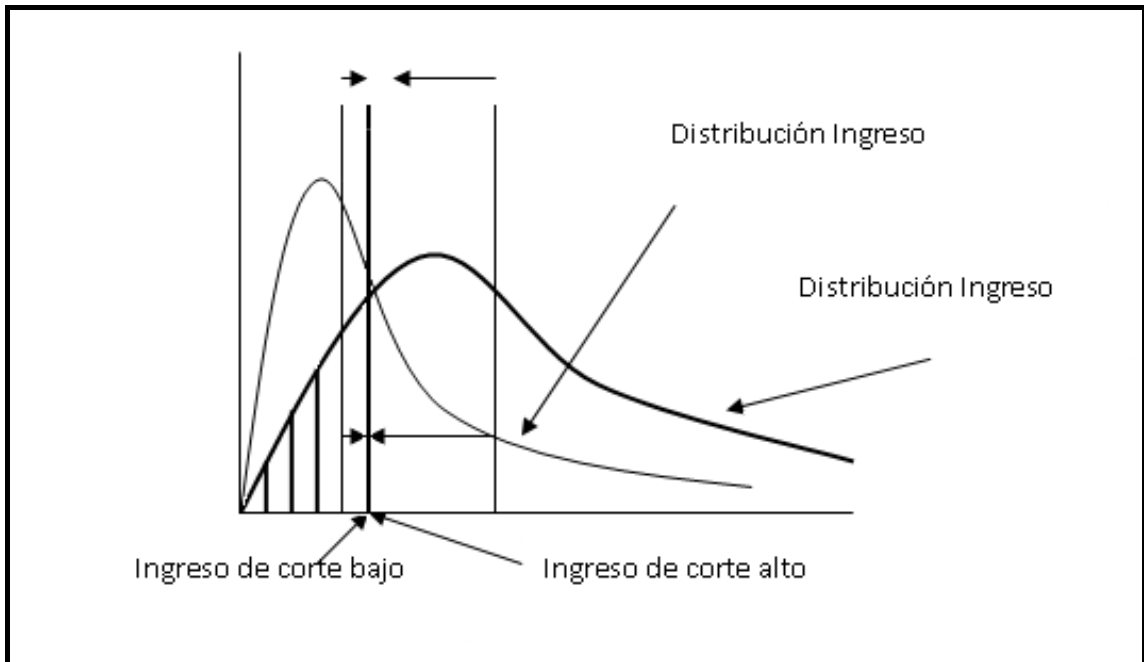
Una alternativa ambiciosa pero factible es crear un Fondo de Compensación que incluya el sistema de aseguramiento público (Fondo de Gestión de Riesgo) y las compañías de seguros. Se asume que las compañías y el Estado deben ofrecer el mismo plan de seguro a los municipios para cubrir a los pobres y la infraestructura pública. De esta manera, se elimina la discriminación por precios y se establece una cuña entre el pago por los seguros del municipio y los recursos percibidos por el asegurador. Así, por cada municipio o departamento de alto riesgo, la compañía de seguros recibe la cotización correspondiente más un subsidio que cubra la diferencia entre el costo esperado de otorgar el plan obligatorio y el costo esperado promedio de la población. Así mismo, por cada ente territorial de bajo riesgo se recibiría la cotización o prima menos la diferencia entre el costo esperado promedio del plan obligatorio y el costo esperado del municipio o departamento. (Blackbur *et al* 2004).

Este mecanismo establece un subsidio de los municipios menos vulnerables hacia los más vulnerables, lo que hace que algunos municipios o departamentos de alto riesgo que antes retenían el riesgo ahora puedan acceder al mercado privado, y lo contrario, algunos municipios o departamentos de bajo riesgo prefieran retenerlo.

El resultado se muestra en la figura S.2. El Fondo de Compensación permite entonces que el margen de ingreso para los entes territoriales de alto y bajo riesgo se iguale, ello es así porque el plan obligatorio independiza el pago del municipio o departamento respecto a su propio riesgo y lo hace depender del riesgo promedio de los agentes que hacen parte del Fondo<sup>38</sup>. Si bien es cierto que la segmentación por riesgo no desaparece, por lo menos si disminuye, por lo cual la demanda de recursos fiscales se reduce y permite que los municipios y departamentos los destinen a otras necesidades rentables desde el punto de vista social.

---

<sup>38</sup> Es importante indicar que con el presente estudio el Gobierno Nacional ya cuenta con información base que le permitiría hacer este tipo de negociaciones con las compañías de seguros. No obstante, se espera que con el tiempo se logre mejorar la información individual de la infraestructura pública nacional, departamental y municipal promoviendo un mejoramiento del inventario o catastro de inmuebles públicos.



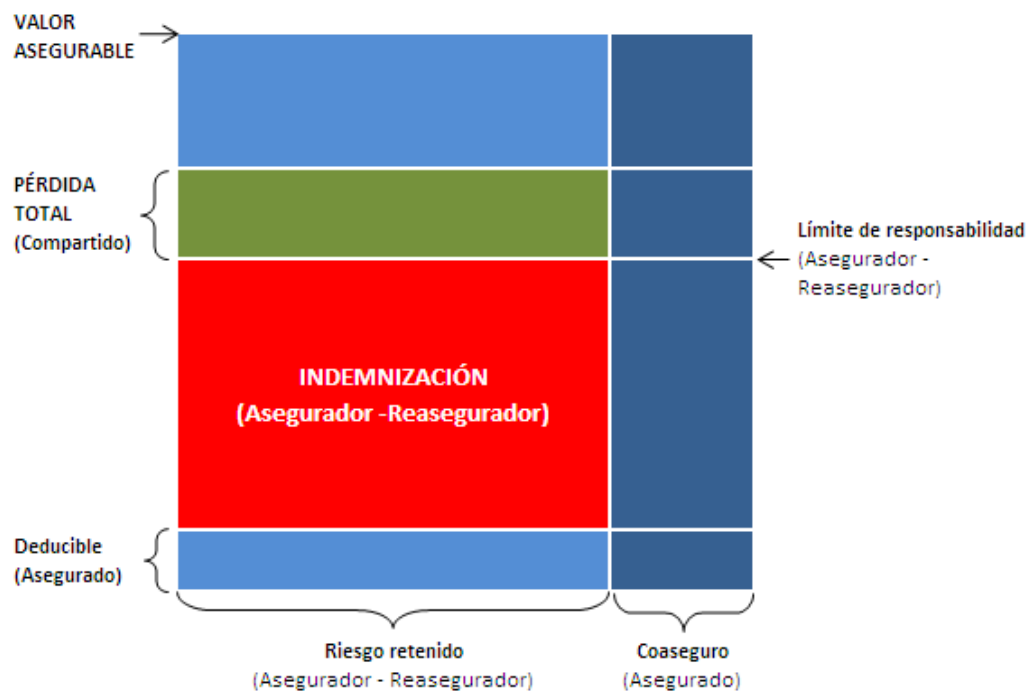
Fuente: tomado y adaptado de Blackburn et al (2004)

**Figura S.2. Situación hipotética con Fondo de compensación universal**

Un fondo de esta naturaleza se propuso en Chile para reformar el sistema de seguros de salud. Lamentablemente, las compañías de seguros privadas se opusieron al mecanismo y se argumentó que existían mecanismos intrínsecos de solidaridad en el sistema que resolvían directamente el problema cobrando una prima comunitaria por el plan básico. Sin embargo, como lo muestran Blackburn et al (2004) la propuesta de la ISAPRES no resuelve el problema de segmentación por riesgo ni reduce el gasto público. De allí que la opción del Fondo de Compensación sea una opción abierta. Es posible que exista reticencia sobre este mecanismo en el caso de la cobertura de desastres naturales para los municipios y departamentos, sin embargo, existen argumentos técnicos que permitirían defender el instrumento.

## Anexo T. Parámetros para la retención y transferencia

Existen diversos parámetros que pueden intervenir en un esquema de transferencia del riesgo. En la Figura T.1 se presenta un esquema ilustrativo de los diferentes elementos que podrían considerarse.



*Figura T.1. Elementos para la transferencia del riesgo*



Los principales elementos de un esquema de este tipo son los siguientes:

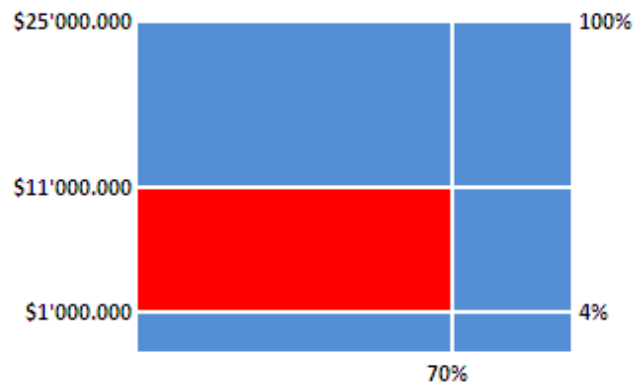
- **Valor asegurable:** corresponde en general al valor de reposición. Para el caso de planes que no sean a primer riesgo, se debe considerar como la suma asegurada establecida en la póliza. En el caso de seguros a primer riesgo, este valor corresponde al valor de los inmuebles.
- **Porcentaje de retención:** corresponde al porcentaje del riesgo retenido en la cobertura de daños del valor asegurable. Es la capa o capas que asume el interesado de la pérdida potencial antes de transferir.
- **Límite de responsabilidad:** corresponde al valor límite que asume la aseguradora o el reasegurador para la cobertura de daños. Puesto que se trata de la pérdida máxima para la institución o sociedad mutualista de seguros, esta cantidad debe ser menor o igual a la suma asegurable.
- **Deducible:** se refiere al valor que se aplica a los inmuebles asegurados expresado en términos porcentuales de la suma asegurada. Existen contratos en que los deducibles se expresan en otras modalidades, pero en estos casos y para efectos comparativos, se deberá reexpresar mediante criterios técnicos en términos porcentuales de la suma asegurable.
- **Coaseguro:** corresponde a la participación porcentual del asegurado en el riesgo o, expresado en otros términos, se refiere al porcentaje de retención del riesgo por parte del asegurado.

En la Figura T.2 se presenta un ejemplo de los parámetros anteriores. La pérdida neta para la capa transferida se indica mediante el cuadro rojo en función de las variables de la póliza como son: la suma asegurable, el porcentaje de retención, el límite máximo de responsabilidad, el deducible y el coaseguro.

#### Ejemplo 1:

VALOR ASEGURABLE	25'000.000
PORCENTAJE RETENCION	100%
LIMITE MAXIMO	25'000.000
DEDUCIBLE	4%
COASEGURO	30%

PERDIDA TOTAL	11'000.000
Pérdida para quien asume la capa	
$P_a = (11'000.000 - 1'000.000) \times 0,7$	
$P_a = 7'000.000$	

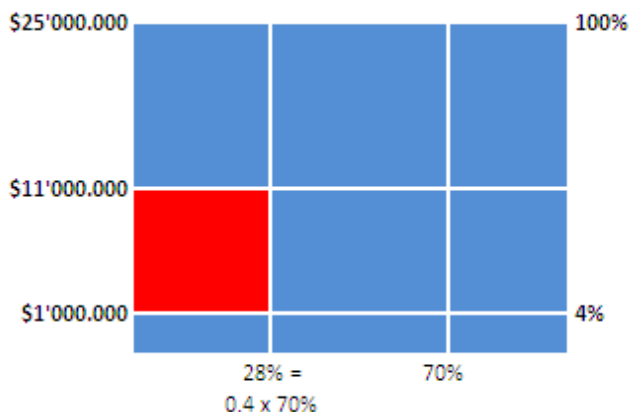


**Ejemplo 2:**

VALOR ASEGURABLE 25'000.000  
 PORCENTAJE RETENCION 40%  
 LIMITE MAXIMO 25'000.000  
 DEDUCIBLE 4%  
 COASEGURO 30%

PERDIDA TOTAL 11'000.000  
 Pérdida para quien asume la capa  
 $P_a = (11'000.000 - 1'000.000) \times 0,7 \times 0,4$

$P_a = 2'800.000$

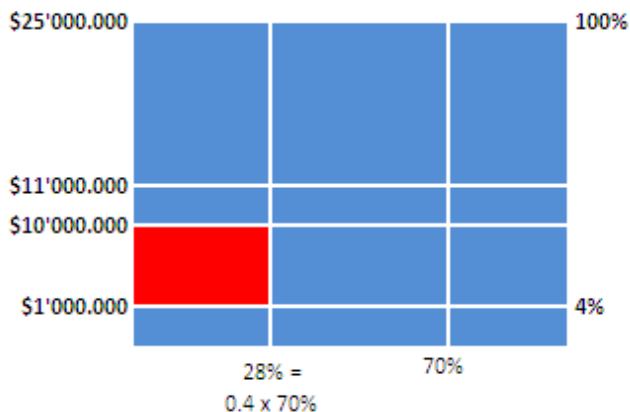


**Ejemplo 3:**

VALOR ASEGURABLE 25'000.000  
 PORCENTAJE RETENCION 40%  
 LIMITE MAXIMO 10'000.000  
 DEDUCIBLE 4%  
 COASEGURO 30%

PERDIDA TOTAL 11'000.000  
 Pérdida para quien asume la capa  
 $P_a = (10'000.000 - 1'000.000) \times 0,7 \times 0,4$

$P_a = 2'520.000$



*Figura T.2. Ejemplos de alternativas de parámetros de transferencia.*

El ejemplo 3 ilustra el caso de un contrato de exceso de pérdida, *excess-loss*, XL, en el cual la pérdida  $y_r$ , se calcula con la siguiente regla:

$$y_r = \begin{cases} 0 & \text{si } y < y_D \\ y - y_D & \text{si } y_D \leq y < y_L \\ y_L - y_D & \text{si } y \geq y_L \end{cases} \quad (T.1)$$

donde  $y_D$  y  $y_L$  son valores de pérdida que hacen las veces de deducible y límite de responsabilidad, respectivamente, y que en el contexto del reaseguro se conocen como “*attachment point*” y “*exhaustion point*”. El valor de  $y_D$  también se conoce como *prioridad* de la compañía de seguros. La cantidad  $y_L - y_D$  es la máxima pérdida posible para el reasegurador en un contrato no proporcional.

La ecuación 2 muestra que la pérdida anual esperada puede calcularse por integración de la curva de tasa de excedencia de pérdidas.

$$\bar{y} = -\int_0^{\infty} y \frac{dv(y)}{dy} dy = -\int_0^{\infty} y dv(y) \quad (\text{T.2})$$

En vista de la regla de repartición dada en la ecuación T.1 y de la ecuación T.2,

$$\bar{y}_r = -\int_0^{\infty} y_r dv(y) \quad (\text{T.3})$$

$$\bar{y}_r = -\left[ \int_0^{v_D} 0 dv(y) + \int_{v_D}^{v_L} (y - y_D) dv(y) + (y_L - y_D) \int_{v_L}^{v_{\max}} dv(y) \right] \quad (\text{T.4})$$

donde  $v_D$  y  $v_L$  son las tasas de excedencia de los valores  $y_D$  y  $y_L$ , respectivamente, y  $v_{\max}$  es la tasa de excedencia de la pérdida máxima<sup>39</sup>. Simplificando términos se obtiene la expresión para determinar la prima de las coberturas de exceso de pérdida:

$$\bar{y}_r = -\left[ \int_{v_D}^{v_L} y dv(y) - y_D(v_L - v_D) + (y_L - y_D)(v_{\max} - v_L) \right] \quad (\text{T.5})$$

Nuevamente, se observa que la prima asociada a un contrato no proporcional puede obtenerse por integración de la curva de tasa de excedencia de pérdidas<sup>40</sup>. En el caso particular en que  $v_{\max}=0$ , la ecuación T.5 toma la siguiente forma:

$$\bar{y}_r = \int_{v_L}^{v_D} y dv(y) - y_D(v_D - v_L) + (y_L - y_D)v_L \quad (\text{T.6})$$

$$\bar{y}_r = \int_{v_L}^{v_D} y dv(y) - y_D v_D + y_L v_L \quad (\text{T.7})$$

En la Figura T.3 puede observarse que el primer término de la ecuación T.7 es precisamente la suma de las áreas denotadas como A1 y A2. El segundo término de la ecuación T.7, por su parte, corresponde a la suma de A2 y A4. Finalmente, el tercer término es igual a A4+A3. En vista de esto, la prima de la ecuación T.7 puede escribirse como:

$$\bar{y}_r = A1 + A2 - (A2 + A4) + (A3 + A4) = A1 + A3 \quad (\text{T.8})$$

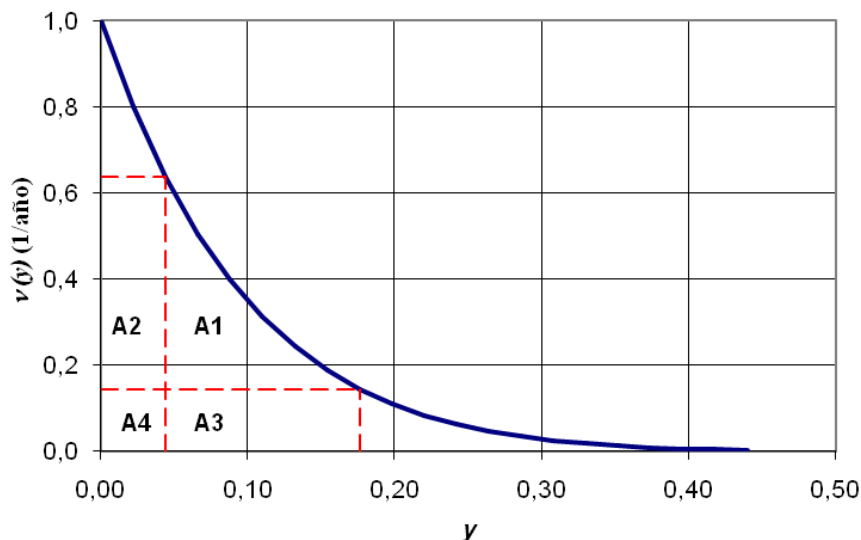
En la propia Figura T.3 puede observarse que A1+A3 es también

<sup>39</sup> Frecuentemente, la tasa de excedencia de la pérdida máxima es cero, por lo que las ecuaciones anteriores admiten simplificación. Sin embargo, en ciertas circunstancias (por ejemplo, cuando las pólizas que forman la cartera incluyen límites de responsabilidad individuales),  $v_{\max}$  no es nula, por lo que debe aplicarse la expresión general aquí presentada.

<sup>40</sup> En realidad, como puede observarse, a partir de momentos de dicha curva

$$\bar{y}_R = A1 + A3 = \int_{y_D}^{y_L} v(y)dy \tag{T.9}$$

expresión que también puede usarse para el cálculo de la prima de una capa cuando  $v_{max}=0$ .



**Figura T.3. Ejemplo del cálculo de prima para una capa en un contrato de exceso de pérdida**

Como se ha señalado,  $\bar{y}_r$  es la prima que se debería cobrar por proteger una capa localizada entre  $y_D$  y  $y_L$ . A partir de esta prima surge el concepto de “rate-on-line”,  $ROL$ , que no es más que el cociente de la prima de la capa,  $\bar{y}_r$ , y el valor total de la propia capa, es decir,  $y_L - y_D$ :

$$ROL = \frac{\bar{y}_r}{y_L - y_D} \tag{T.10}$$

Puede observarse que cuando  $y_D=0$  y  $y_L$  es igual al valor total de la cartera,  $ROL$  no es más que la prima total expresada como una fracción del valor total de la cartera.

Usando nuevamente la ecuación T.9 con  $y_L$  variable, se obtiene la cantidad  $Z_R = \bar{y}_r / \bar{y}$ , es decir el cociente de la prima a cargo del asegurador o reasegurador y la prima total. Las capas más bajas son más caras que las capas más altas.