

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/278783848>

Aseguramiento colectivo voluntario en Manizales: Evaluación del riesgo sísmico con fines de transferencia

Conference Paper · May 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.3526.1604

READS

54

5 authors, including:



[Mabel C. Marulanda](#)

Polytechnic University of Catalonia

31 PUBLICATIONS 257 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Omar Dario Cardona](#)

National University of Colombia

167 PUBLICATIONS 1,440 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Alex H. Barbat](#)

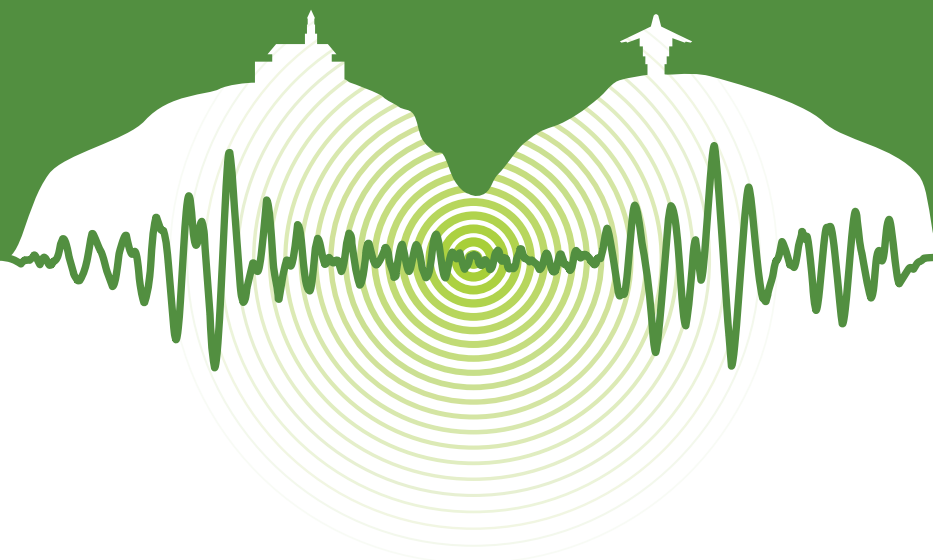
Polytechnic University of Catalonia

327 PUBLICATIONS 2,394 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

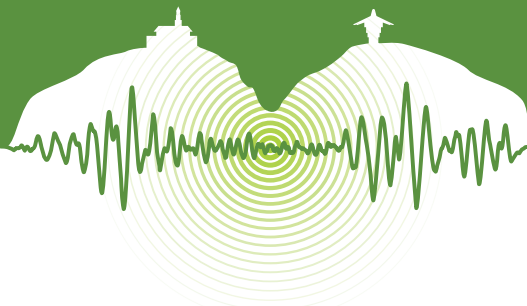
ESTADO DEL ARTE DE INGENIERÍA SÍSMICA EN COLOMBIA

Juan Francisco Correal • Luis Eduardo Yamín
Fernando Ramírez • Juan Carlos Reyes



Contenido ▶

Salir



Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica (7: 2015: Bogotá, Colombia)

Estado del arte de Ingeniería sísmica en Colombia: VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica 2015 / Juan Francisco Correal, Luis Eduardo Yamín, Fernando Ramírez, Juan Carlos Reyes, autores compiladores. – Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Ediciones Uniandes, 2015.

744 páginas; USB

ISBN 978-958-774-168-1

1. Ingeniería sísmica – Congresos, conferencias, etc. I. Correal Daza, Juan Francisco Javier, II. Yamín Lacouture, Luis Eduardo, III. Ramírez, Fernando IV. Reyes, Juan Carlos V. Universidad de los Andes (Colombia). Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

CDD 624.1762

SBUA

Primera edición: mayo del 2015

© Juan Francisco Correal, Luis Eduardo Yamín, Fernando Ramírez, Juan Carlos Reyes, autores compiladores

© Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Ediciones Uniandes
Calle 19 núm. 3-10, oficina 1401
Bogotá, D. C., Colombia
Teléfono: 3394949, ext. 2133
<http://ediciones.uniandes.edu.co>
infeduni@uniandes.edu.co

ISBN: 978-958-774-168-1

Ajustes de textos y revisión bibliográfica: Carlos Granada
Diagramación e interactividad: Proceditor
Impreso en Colombia – Printed in Colombia

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la editorial.



Aseguramiento colectivo voluntario en Manizales: Evaluación del riesgo sísmico con fines de transferencia

Voluntary Collective Insurance in Manizales: Seismic risk assessment for risk transfer

Mabel C. Marulanda Fraume^{1*}, Omar D. Cardona²⁻³, Miguel G. Mora¹⁻³,
Diana M. González³ y Alex H. Barbat¹

¹CIMNE, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España

²Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia

³Especialista, INGENIAR: Grupo de Consultoría

RESUMEN

Entender y evaluar el riesgo de desastres debido a eventos naturales como los terremotos genera incentivos en los países para desarrollar opciones de planeación y herramientas para reducir los daños potenciales. El uso de modelos para la evaluación del riesgo sísmico permite obtener resultados como la curva de excedencia de pérdidas, la pérdida anual esperada y la pérdida máxima probable, que son métricas probabilísticas útiles para el análisis del riesgo, para diseñar estrategias de mitigación y reducción del riesgo, estrategias de respuesta a emergencias y financiamiento del riesgo. Este artículo presenta, con base en modelos probabilísticos del riesgo, el diseño e implementación de un instrumento de transferencia del riesgo para cubrir las edificaciones privadas de la ciudad de Manizales, Colombia. Este instrumento colectivo voluntario proporciona protección financiera a los propietarios no exentos del pago del impuesto predial y a los propietarios de bajos recursos a través de una estrategia de subsidio cruzado; además de promover la cultura del riesgo, el seguro colectivo promueve la solidaridad de la comunidad. La administración de Manizales y la industria aseguradora promueven este programa a través de la factura del impuesto predial. Mediante el seguro colectivo el gobierno puede acceder a recursos importantes para la recuperación de las personas de bajos recursos y para mejorar la gestión del riesgo de desastres a nivel local. En el marco de Programa de Gestión Integral del Riesgo de Desastres de Manizales, GIRD-M, desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales y CORPOCALDAS, se llevó a cabo una nueva evaluación del riesgo y un nuevo diseño de este innovador instrumento de protección financiera frente a terremotos.

Palabras clave: Riesgo sísmico, seguros, transferencia del riesgo, prima de riesgo, estrategia de subsidio cruzado.

ABSTRACT

Understanding and evaluating disaster risk due to natural hazard events such as earthquakes creates powerful incentives for countries to develop planning options and tools to reduce potential damages. The use of models for earthquake risk evaluation allows obtaining outputs such as the loss exceedance curve, the expected annual loss and the probable maximum loss, which are probabilistic metrics useful for risk analyses, for designing strategies for risk reduction and mitigation, for emergency response strategies and for risk financing. This article presents, based on probabilistic risk models, the design and implementation of a risk transfer instrument to cover the private buildings of the city of Manizales, Colombia. This voluntary collective instrument provides financial protection to both, the estate-tax payers and the low-income homeowners through a cross subsidy strategy; besides, it promotes not only the insurance culture but also the solidarity of the community. The city administration and the insurance industry are promoting this program using the mechanism of the property-tax payment. This collective insurance helps the government to access key resources for low-income householders recovery and improve disaster risk management at local level. In the framework of the Manizales' Integrated Disaster Risk Management Program, GIRD-M, developed by the National University of Colombia at Manizales and COPOCALDAS, new seismic risk assessment and new design of the innovative financial protection instrument to cope with earthquakes have been done.

Keywords: Seismic risk, insurance, risk transfer, risk premium, cross-subsidy strategy.

*
mmarulan@cimne.upc.edu



1 INTRODUCCIÓN

La identificación de las condiciones de riesgo al igual que las medidas de reducción de riesgo de desastres y la implementación de acciones de desarrollo son elementos claves para buscar un equilibrio entre los factores económicos, sociales y ambientales para lograr un desarrollo sostenible. El proceso de desarrollo debe involucrar una serie de acciones a largo plazo para lograr los objetivos propuestos. Sin embargo, la creación de una cultura de prevención no es una tarea fácil dado que los costos para la prevención o mitigación del riesgo deben ser pagados en el presente y sus beneficios se podrán obtener en un futuro lejano pero de manera intangible, pues, los beneficios son el “desastre que no ocurrió” como lo señalaba Kofi Annan, Secretario General de las Naciones Unidas, en 1999. Sumado a lo anterior, usualmente, previo a una catástrofe, los individuos subestiman la posibilidad de un desastre; las personas expuestas a la posibilidad de una pérdida catastrófica tienden a ignorar el evento hasta que este ocurre (Marulanda et al., 2008a). Por esta razón, la incorporación formalmente del riesgo de desastre en los procesos de planificación ha sido hasta ahora muy tímida y en la mayoría de los países en desarrollo se incluyen procesos principalmente para la preparación y atención de emergencias.

Desde el punto de vista financiero, si no se valora los pasivos contingentes que implica un futuro desastre catastrófico se limita la capacidad para considerar y evaluar alternativas *ex ante* necesarias para reducir o financiar las pérdidas (Marulanda et al., 2008a, 2010a, 2013; Cardona, 2009). Por lo tanto, es esencial estimar los costos no sólo de la respuesta a emergencias sino de la recuperación y reconstrucción (Pollner, 2001; Andersen, 2002). La protección financiera debe ser una política permanente que puede ser más amplia de acuerdo con la conciencia que exista del riesgo, la cultura de la seguridad y la prosperidad económica. Sin embargo, cabe anotar que el aseguramiento, y en general, las estrategias de financiación del riesgo no son una medida de mitigación, estrictamente hablando, porque no reducen el daño pues su objetivo es cubrir las pérdidas una vez el daño se ha materializado (Cardona et al., 2008b), pero la experiencia mundial ha demostrado que estas tienen dos grandes ventajas: estimulan la prevención y garantizan la financiación y eficiencia en las actividades de reconstrucción posdesastre.

Ahora bien, Manizales, es una ciudad propensa a varios tipos de amenazas tales como sismos, deslizamientos, erupciones volcánicas, entre otras. Adicionalmente su crecimiento y la expansión urbana hacia zonas propensas han exacerbado su susceptibilidad a los diferentes tipos de amenazas naturales, socio-naturales y antrópicas. Al mismo tiempo, la persistencia de estos impactos negativos ha llevado a la ciudad a crear una cultura del riesgo que se ha visto reflejada en las diversas acciones y políticas de gestión del riesgo implementadas como resultado de la voluntad y compromiso político y técnico de diferentes entidades e instituciones de la ciudad. Ahora bien, para maximizar la efectividad y el desempeño en consolidar las buenas prácticas alcanzadas hasta el momento en la materia y con el fin de cubrir las posibles pérdidas futuras de la población, así como promover e incentivar la prevención y mitigación del riesgo la administración municipal, en conjunto con la academia y el sector privado, han diseñado e implementado un seguro colectivo voluntario para proteger las edificaciones tanto del sector privado de la ciudad. Este seguro consiste en el pago de una prima de riesgo cuya cuantía es proporcional al valor catastral de cada edificación que se recauda a través del pago del impuesto predial, cada dos meses o el total del año (descuento por pago anticipado). El pago de este seguro es voluntario dado que es posible hacerlo o no con el pago del impuesto predial (Marulanda, 2009; 2013).

Este instrumento de protección financiera se perfeccionó con base en los estudios técnicos y científicos de amenaza y riesgo sísmico que la Unidad de Gestión del Riesgo, UGR, (antes Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres) ha promovido desde años atrás. El esquema o mecanismo de transferencia de riesgo de desastres ha sido el resultado del desarrollo de una serie de evaluaciones usando un modelo avanzado de riesgo catastrófico y su más reciente actualización y rediseño se ha hecho en el marco del Proyecto de Gestión Integral del Riesgo de Desastres de Manizales (GIRD-M), realizado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, en convenio con CORPOCALDAS, utilizando la sobretasa ambiental aprobada para el conocimiento del riesgo por el Concejo Municipal en 2009.

2 MODELO DE RIESGO CATASTRÓFICO

La estimación del riesgo se debe llevar a cabo utilizando modelos probabilistas que permitan emplear la información disponible para predecir posibles escenarios catastróficos en los cuales se considere la alta incertidumbre involucrada en el análisis. Para medir la frecuencia y la severidad de las pérdidas potenciales se utilizan métodos científicos robustos que tienen en cuenta la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos; por ejemplo sismos, huracanes, inundaciones u otros fenómenos de baja probabilidad y altas posibles consecuencias. Estos modelos contienen las relaciones entre intensidad del fenómeno y los daños de los activos expuestos, también conocidas como curvas o funciones de vulnerabilidad. A partir de estas relaciones se determina el monto de los daños que podría sufrir un portafolio de elementos expuestos si un evento, en el sitio de su ubicación, produjera una intensidad dada (Woo, 1999). Los modelos de riesgo sísmico probabilista están basados en una secuencia de módulos: evaluación de la amenaza sísmica, caracterización de la exposición, definición y asocio de la vulnerabilidad, estimación del daño y las pérdidas y transferencia y retención del riesgo (Woo, 1999; Grossi & Kunreuther, 2005; Cardona et al., 2008a/b/c/d). La Figura 1 ilustra esquemáticamente los componentes para la evaluación del riesgo y diseñar las alternativas de gestión y protección financiera.

En el caso de Manizales para la modelación del riesgo sísmico se han utilizado el sistema RN-COL, diseñado a finales de los años 90 y utilizado durante la década del 2000, y el Sistema R, el cual se utilizó en la más reciente evaluación realizada en el 2014 (Marulanda, 2014). El Sistema R, es una versión avanzada del RN-COL. Ambos han sido desarrollados como resultado de la colaboración de expertos de México y Colombia en la modelación del riesgo catastrófico, con la orientación de Mario Ordaz de la UNAM y especialistas de las firmas Evaluación de Riesgos Naturales, ERN, de México, ITEC e INGENIAR de Colombia.

El presente artículo hace parte de las memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Mayo de 2015.



Figura 1: Modelo probabilista de evaluación de riesgo catastrófico. Tomado de Marulanda (2013).

3 ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA

En Manizales, por tratarse de suelos de origen volcánico, la microzonificación sísmica es bastante particular. Las características dinámicas no lineares de sus suelos se han obtenido mediante pruebas *in situ*² y de comportamiento dinámico en el laboratorio³. Posteriormente se han obtenido los espectros de respuesta (aceleración, velocidad y desplazamiento) para cualquier sitio de la ciudad con fines de diseño sismorresistente. Esta información, a nivel de cada predio se puede obtener mediante el sistema de Información Sísmica para Manizales (ITEC, 2004) y su versión más reciente que incluye otras amenazas. Además, la ciudad cuenta con una red de acelerómetros que no sólo ha servido para mejorar y actualizar los modelos analíticos utilizados sino para el funcionamiento del Laboratorio de Instrumentación Sísmica Automática (LISA)⁴, que permite la evaluación inmediata y en línea de los posibles daños que se pueden presentar en la ciudad en caso de un terremoto fuerte. Ahora bien, recientemente en Manizales se ha llevado a cabo la actualización de la microzonificación sísmica en el marco del proyecto GIRD-M, con innovaciones notables (véase Bernal et al., 2015, en las memorias de este congreso), se ha ampliado la red de acelerógrafos y se ha instalado un *bore hole* en profundidad, no sólo con el objetivo de armonizar la microzonificación para las NSR-10, sino para ampliar el conocimiento sísmico y actualizar los estudios de riesgo de edificaciones (edificio por edificio) y de las líneas vitales (acueducto y alcantarillado).

4 EXPOSICIÓN

La primera base de datos de exposición de las edificaciones privadas de Manizales⁵ para el cálculo del riesgo sísmico se constituyó con variables representativas como: valor asegurado, estrato socio-económico, fecha de construcción, número de pisos, sistema estructural y localización. Para el análisis, a mediados de la década del 2000, se obtuvieron 85.816 inmuebles válidos (para el propósito del proyecto), de los cuales 15.741 pertenecían a predios exentos del impuesto predial (que corresponden en general a los estratos socioeconómicos 1 y 2) y 70.345 correspondían a predios no exentos del impuesto (estratos socioeconómicos del 3 al 6). Con base en estas clasificación se construyeron tres portafolios para el análisis: 1) Inmuebles no exentos del pago del impuesto predial (avalúo superior a 25 SMMLV, equivalentes a Col\$ 8.950.000 en la fecha del estudio), 2) Inmuebles exentos del impuesto predial (avalúo menor o igual a 25 SMMLV) y 3) portafolio total que incluye los dos anteriores para hacer una evaluación del

² Cono sísmico, presiómetro cíclico, velocidad de onda de cortante *down hole*

³ Triaxial cíclico, columna resonante, velocidad de onda de cortante

⁴ La primera estación se instaló a mediados de la década del 2000 en el marco de un convenio entre la UNC, sede Manizales, y la UNAM de México

⁵ Información proporcionada por la administración municipal a través de la Unidad de Gestión del Riesgo, UGR, (antes Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres, OMPAD). Se incluyeron parámetros adicionales mediante el levantamiento de información a partir de fotografías aéreas, visitas de campo y mapas. Adicionalmente, se utilizó un algoritmo de optimización para deducir el sistema estructural. En los casos donde no existía información o no fue posible inferirla con base en la información existente se establecieron parámetros por defecto (Marulanda, 2009; 2013).



riesgo con la totalidad de las edificaciones. La Tabla 1 presenta el número de registros y el valor asegurado en millones de pesos (MDP) correspondiente a cada portafolio de análisis en la primera evaluación realizada (Marulanda 2009; 2013).

Tabla 1: Características principales de los portafolios de análisis de la primera evaluación de inmuebles privados

Portafolio	Descripción	Nº registros	% registros	Valor asegurado (MDP)	% valor asegurado
1	Exentos	15.342	18	78.590	3
2	No exentos	70.474	82	3.046.606	97
3	Total	85.816	100	3.125.196	100

Las características urbanas y la dinámica de la ciudad de Manizales han estado aumentando la exposición de la ciudad frente a la amenaza sísmica. La ciudad ha crecido en un área con una topografía abrupta, con particularidades geológicas especiales y con problemas de planificación urbana que han permitido la construcción en áreas peligrosas. A principios del siglo XIX el tipo de construcción más común era el bahareque, sin embargo después de los dos incendios masivos ocurridos en 1923 y 1925 en la ciudad, la población comenzó a usar otros tipos de materiales, más resistentes al fuego. Por lo tanto, abandonaron la cultura de la madera o la tecnología de bahareque para adoptar paulatinamente construcciones de mampostería y concreto reforzado. Estas estructuras más rígidas, y no necesariamente más resistentes a los sismos, el incremento de la población y el rápido crecimiento urbano llevaron a una ciudad más vulnerable a mediados del siglo XX. Sin embargo, después del terremoto de 1979, que generó importantes pérdidas en la ciudad, se expidió, en 1981, el primer código de construcciones sismorresistentes en la ciudad, que de paso fue el primero del país. Ahora bien, a partir de 1984 el país empezó a contar con un código de construcción a nivel nacional, permitiendo una mejor calidad en el diseño y construcción. Este hecho se ha visto reflejado en Manizales en la disminución de la vulnerabilidad de los elementos expuestos. La Figura 2 presenta la distribución de los principales tipos estructurales de la ciudad.

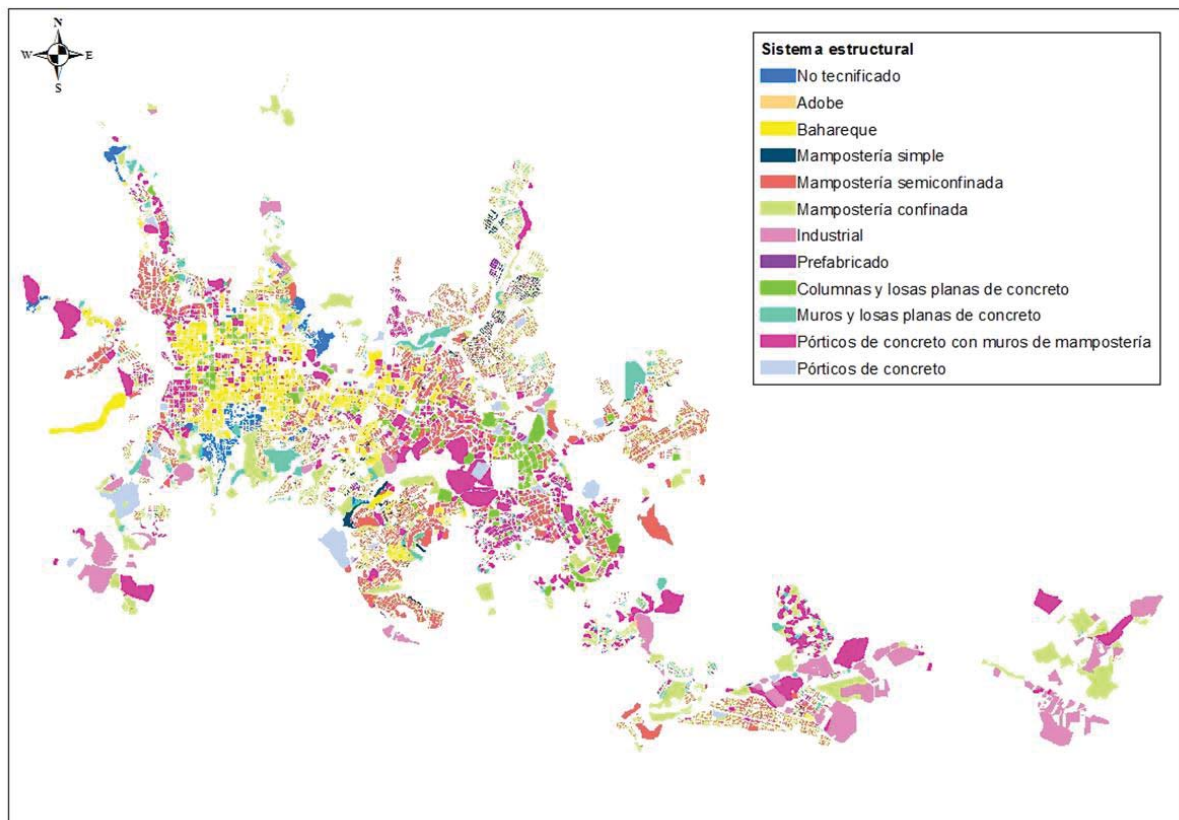


Figura 2: Distribución de los principales sistemas estructurales de Manizales. Tomado de González (2014).



5 VULNERABILIDAD DE EDIFICIOS

Para la primera modelación del riesgo se utilizó el Sistema RN-COL. En este sistema se definieron curvas de vulnerabilidad que utilizan la distorsión de piso o la deriva de la edificación y la aceleración máxima como parámetros claves para calificar el nivel de daño esperado ante la acción sísmica correspondiente. Aunque se podía utilizar un número mayor curvas de vulnerabilidad, se utilizaron 20 tipos de construcciones como se muestra en la Figuras 3 para caracterizar los tipos estructurales existentes en la ciudad (Cardona et al., 2008a/b/c/d). Estas curvas son el resultado de estudios analíticos detallados realizados en los últimos 20 años.

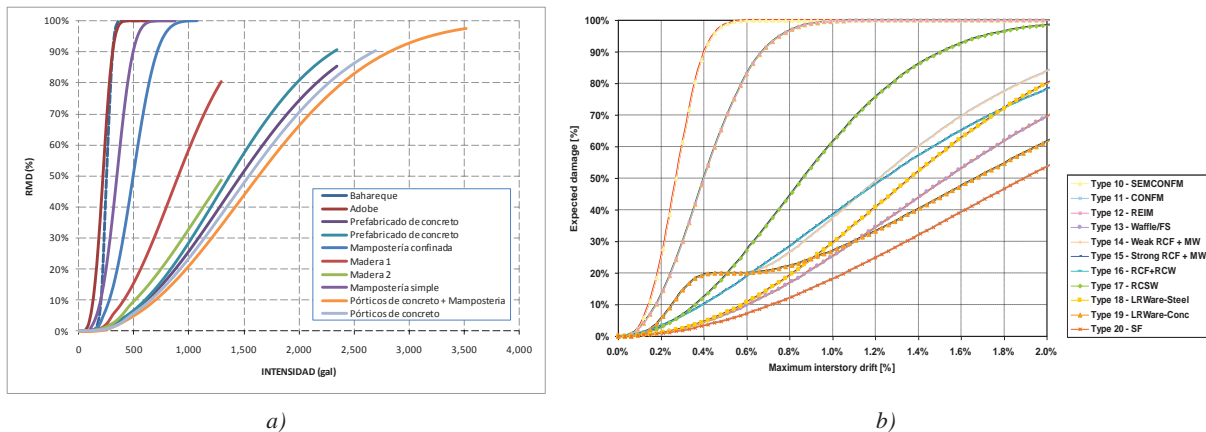


Figura 5: a) Curvas de vulnerabilidad basadas en la aceleración máxima. b) Curvas de vulnerabilidad basadas en la deriva.

6 EVALUACIÓN DE DAÑOS Y PÉRDIDAS

Para calcular las pérdidas asociadas a un evento determinado, bien sea con el Sistema RN-COL o el Sistema R, la relación media de daño se utiliza para obtener con las funciones de vulnerabilidad la pérdida económica, multiplicando dicha relación por el valor de reposición del elemento expuesto. Esta operación se repite para cada uno de los activos o elementos en el inventario de activos expuestos para cada uno de los eventos analizados. Durante este proceso de evaluación para los eventos factibles y el grado de vulnerabilidad de cada componente del portafolio las pérdidas se van agregando siguiendo una aritmética apropiada para el tratamiento de las funciones de densidad de probabilidad asociadas a los eventos y la vulnerabilidad, lo que permite desarrollar la curva de probabilidad de excedencia de pérdidas respectivas. Las principales medidas o métricas del riesgo en términos económicos se describen a continuación, partiendo de la base fundamental que es la curva de excedencia de pérdidas:

Curva de Excedencia de Pérdidas⁶: La CEP representa la frecuencia anual con que determinada pérdida económica será excedida. Se puede calcular a partir del mayor evento probable en un año o de manera uniforme para todos los eventos posibles, en función de su período de retorno.

Pérdida Anual Esperada: La PAE se calcula como la suma del producto entre las pérdidas esperadas para determinado evento y la frecuencia de ocurrencia de dicho evento en un período de un año y para todos los eventos estocásticos considerados.

Prima Pura de Riesgo: La PPR corresponde al valor de la PAE dividido por el valor de reposición del activo. Indica el costo que debe ser pagado anualmente para cubrir las pérdidas esperadas en el futuro. A la Prima Técnica se deben sumar los costos de operación, adquisición y utilidad, entre otros.

Pérdida Máxima Probable (Probable Maximum Loss): La PMP (o PML en inglés) representa un valor de pérdida para un nivel de excedencia determinada. Dependiendo de la capacidad de un país, región o entidad para la gestión del riesgo, se puede optar por intervenir las pérdidas potenciales hasta determinado período de retorno que se considere apropiado.

7 IMPLEMENTACIÓN DE LA INICIATIVA DE TRANSFERENCIA DEL RIESGO

Los desastres extremos están caracterizados por la ocurrencia de fenómenos de baja frecuencia/alta severidad, además, por la dificultad de predecir el momento y lugar de su ocurrencia. Todos los costos de prevención que aumentan desproporcionadamente con la severidad de las consecuencias y las pérdidas generadas por estos eventos pueden causar problemas de solvencia e inseguridad.

⁶ La CEP es la medida más importante y robusta del riesgo, dado que brinda la información básica para la planeación y destinación de recursos necesarios con el fin de cumplir con objetivos de gestión particulares.

El presente artículo hace parte de las memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Mayo de 2015.



ridad económica. De este modo, se deben diseñar, analizar y establecer estructuras combinadas de diversos instrumentos y opciones financieras adecuados que cubren varias capas del riesgo de acuerdo a los beneficios y costos que permiten al gobierno enfrentar las consecuencias de un evento extremo sin comprometer la estabilidad financiera y fiscal y minimizando las pérdidas sociales (Pollner, 2001; Cummins & Mahul, 2008; Marulanda et al., 2008a, 2013; Cardona, 2009). 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 beneficios y costos de cada una de las distintas fuentes de financiamiento disponibles dado que no es óptimo financiar la totalidad de los recursos a partir de una sola fuente de financiación y que en ciertos intervalos hay otras fuentes de financiación o transferencia del riesgo que pueden resultar menos costosas (Ordaz & Santa Cruz, 2003; Grosi & Kunreuther, 2006; Cardona et al., 2008b; Banks, 2004).

En Manizales se propuso la estructura de capas debido a que se deseaba explorar la manera de lograr el mayor cubrimiento de aseguramiento de edificios privados incluyendo a los estratos socio-económicos de menores ingresos. Con base en los estudios de riesgo realizados para los parámetros escogidos y para diferentes deducibles y, después de un análisis de las alternativas propuestas se determinó que lo más apropiado y factible para la Secretaría de Hacienda, la Secretaría Jurídica y la UGR de Manizales, sería definir una estructura de retención y transferencia del riesgo teniendo en cuenta los portafolios de predios exentos y no exentos de manera independiente con un 3% de deducible del valor asegurable que sería su valor catastral registrado por la administración municipal. De la misma manera se evaluó el portafolio de inmuebles públicos para establecer una estrategia de protección financiera para los mismos. La Tabla 2 presentan los primeros resultados de riesgo para los portafolios de inmuebles privados.

Tabla 2: Resultados del primer análisis de riesgo sísmico para los inmuebles privados con el 3% de deducible

ASPECTO	RESULTADOD DE RIESGO					
	Inmuebles privados					
	Exentos		No exentos		Total	
Número de inmuebles	15.342		70.474		85.816	
Valor asegurado. valor catastral (MDP)	78.590		3.036.460		3.115.050	
Pérdida Anual Esperada (MDP) y Prima Pura Promedio (%)	MDP	% catastral	MDP	% catastral	MDP	% catastral
Periodos de retorno	MDP	% catastral	MDP	% catastral	MDP	% catastral
PML						
100 años	1.394	1,42	115.079	3,03	116.445	2,99
500 años	5.388	5,48	320.464	8,43	325.644	8,35
1000 años	7.421	7,55	441.982	11,59	449.192	11,49
1500 años	8.936	9,09	523.991	13,72	532.788	13,60

El valor promedio de prima pura para todos los inmuebles de Manizales, con un deducible de 3% fue de 1,982%, lo que equivale a 5.792 millones de pesos. Teniendo en cuenta que la prima de seguros incluye otros gastos (costo del reaseguro, gastos administrativos, utilidad de la compañía, etc.) el valor de la prima pura para el total de los inmuebles de la ciudad es una cifra de especial interés para el sector de seguros. Este valor sólo se lograría si todos los propietarios voluntariamente pagaran la prima correspondiente o si se cobrara el seguro en forma obligatoria. En caso de que no se incluyeran los predios exentos (i.e. los de más bajos recursos), la prima sería de 1,963%, que equivale a una cifra similar de 5.736 millones de pesos. Claramente, la prima de los predios exentos, que corresponde al 0,741%, es una cifra muy modesta, equivalente a 56 millones, que corresponde al 0,97% del valor de la prima total de la ciudad. Esta circunstancia se consideró relevante para explorar la manera como el municipio podría proteger este segmento de bajos ingresos que no podría pagar el seguro y estimular el aseguramiento general de los inmuebles privados de la ciudad. De esta manera si los no exentos del impuesto predial pagan, además de su seguro, el de los exentos habría, algo así como, un subsidio cruzado o compensación y estarían cubiertos también los estratos más pobres de la ciudad.

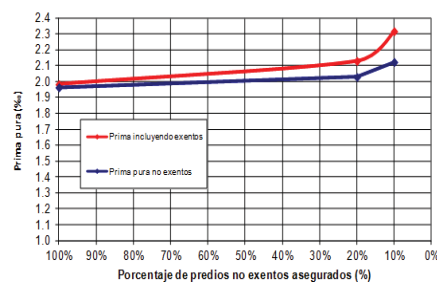


Figura 4: Prima pura promedio de la cartera de predios no exentos para diferentes porcentajes de predios asegurados.



En síntesis, para cubrir los edificios exentos los propietarios no exentos del impuesto predial tendrían que cubrir (subsidiar) el total de las primas de los exentos (56 MDP). Así surgió la propuesta de aumentar en 56 millones el valor de la prima total para el portafolio de edificios no exentos, independiente del número de personas que voluntariamente subsidiaran el seguro (Marulanda 2009; 2013). En el caso de que todos los propietarios no exentos del pago del predial participen en el aseguramiento, la prima pura sería de 1,96%. Sin embargo, esto no es posible porque algunas personas ya cuentan con un seguro (póliza hipotecaria, por ejemplo) con otras compañías de seguros, o algunos no están dispuestos a tomar el seguro. La Figura 4 ilustra el comportamiento de la prima pura promedio de los no exentos dependiendo del porcentaje de predios que participa en el seguro voluntario y la forma como la prima aumenta si se cubren los propietarios exentos de la ciudad (Marulanda, 2009; 2103).

En relación a la prima pura de los no exentos y la prima incluyendo a los exentos, se observa que si existe una participación del 10% de los predios de no exentos, el valor del subsidio cruzado pasaría de ser del orden de 2.1‰ al 2.3‰. En el caso de que la participación sea de aproximadamente el 20% de los predios la prima sería alrededor de 2.1‰ incluyendo los estratos de bajos ingresos y del 2.0‰ sin incluirlos. Estas cifras resultaron muy positivas tanto para el municipio como para los participantes dado que a pesar de que la prima pura aumenta, como es de esperarse, este incremento no era muy significativo, lo que permitió considerar que logrando un porcentaje de participación de un mínimo del 10% de los propietarios no exentos hacía viable el subsidio de los propietarios más pobres. Con respecto al deducible de los edificios exentos, se propuso que el gobierno cubriera la primera capa de las pérdidas que se llegaran a presentar en caso de desastre (Marulanda, 2009; 2013). Finalmente, posterior a negociaciones realizadas entre la administración municipal y la compañía de seguros La Previsora, se acordó una prima anual comercial del 2.5% del valor catastral de cada predio. El deducible se acordó en el 3% del valor de la pérdida en caso de terremoto y el 10% para otro tipo de fenómenos naturales o eventos como huelga, motín, asonada, conmoción civil o popular, actos malintencionados de terceros o terrorismo. Dado que el nivel de participación durante el primer año de establecimiento del seguro colectivo fue del 12.4% en promedio, se acordó entre la administración pública y la compañía de seguros cubrir en su totalidad los estratos socio-económicos más pobres de Manizales.

8 NUEVA EVALUACIÓN DEL RIESGO Y ACTUALIZACIÓN DEL SEGURO

Usando la información y resultados de los estudios realizados en el marco de programa GIRD-M, desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia (UNC), sede Manizales y CORPOCALDAS, se llevó a cabo una nueva evaluación del riesgo y un nuevo diseño de este innovador instrumento de protección financiera frente a terremotos. Para esta evaluación se realizaron nuevos estudios de amenaza sísmica, de los efectos de sitio y se actualizó la microzonificación sísmica, se revisaron las curvas de vulnerabilidad física de los tipos de construcciones de Manizales y la caracterización de la exposición. El cálculo del riesgo se realizó utilizando el Sistema R. La Tabla 3 presenta un resumen de resultados del análisis de riesgo realizado sobre la nueva base de datos de edificaciones privadas y públicas de la ciudad. Se incluyen el número de predios analizados, el valor asegurable total (en millones de pesos, MDP) la prima promedio de riesgo al millar, la pérdida máxima probable para diferentes períodos de retorno

Tabla 3: Resultados de riesgo para los inmuebles privados y públicos con 0% y 3% de deducible

Tipo de inmuebles	RESULTADOS DEL RIESGO							
	Privados				Públicos			
Número de inmuebles	113.064				333			
Valor asegurable (MDP)	8.090.793				145.177			
Deducible	0%		3%		0%		3%	
Pérdida Anual Esperada (MDP) y Prima Pura Promedio (‰)	MDP	‰ catastral	MDP	‰ catastral	MDP	‰ valor	MDP	‰ valor
Períodos de retorno	MDP	% catastral	MDP	% catastral	MDP	% valor	MDP	% valor
200 años	484.898	5,99	346.357	4,28	10.789	7,43	8.230	5,67
PML 500 años	671.968	8,31	504.704	6,24	15.291	10,53	12.501	8,61
1000 años	991.761	11,15	696.370	8,61	19.779	13,62	16.642	11,46
1500 años	1.096.109	13,55	867.050	10,72	23.010	15,85	19.541	13,46

El valor de la prima pura (en 2014) para los inmuebles privados es del 2,86‰ sin deducible y de 1,63‰ con el 3% de deducible. A pesar del importante aumento en el número de inmuebles de 85.816 (ver Tabla 2) a 113.064 en un lapso menor a 10 años es especialmente notable la reducción de la prima pura de riesgo de la ciudad con el 3% de deducible de 1,98‰ a 1,63‰. Pocas veces es posible medir el riesgo sísmico de una ciudad con una misma métrica y más interesante aún es que se registre una reducción del riesgo, lo que en el caso de Manizales podría ser esperable resultado del esfuerzo realizado en gestión del riesgo. Sin duda en los últimos años en Manizales se han reforzado un número importante de edificios, en particular del sector público, lo que podría explicar el valor la prima pura de riesgo del 1,62‰ con el 3% de deducible de estos inmuebles, que prácticamente es el mismo de las edificaciones privadas. Sin embargo, la principal razón para la disminución del riesgo sísmico en la ciudad debe obedecer al aumento importante de la construcción de nuevas edificaciones utilizando efectivamente las normas de sismorresistencia.

El presente artículo hace parte de las memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Mayo de 2015.



La Tabla 4 ilustra los resultados de la evaluación del riesgo considerando como grupo de inmuebles exentos aquellos cuyo valor es menor a 25 SMMLV (Col\$ 15.400.000), de la misma forma como se había hecho en el primer análisis (ver Tabla 2) cuando el seguro colectivo se diseñó e implementó en Manizales. Para efectos de determinar el valor de la prima de los no exentos, incluyendo los exentos, con el 3% de deducible, es necesario sumar 103 MDP a 13.088 MDP de los no exentos y dividir por el valor asegurable de los mismos. Este valor de prima corresponde a 1,65‰ y sería la prima *blanket* en caso de que todos los inmuebles no exentos participaran en el seguro.

Tabla 4: Resultados de riesgo para los inmuebles privados exentos y no exentos de la ciudad con 0% y 3% de deducible

RESULTADOS DEL RIESGO									
Tipo de inmuebles	Inmuebles exentos					Inmuebles no exentos			
Número de inmuebles	9,763 (8,63%)					103.301 (91,37%)			
Valor asegurable (MDP)	99.750 (1,23%)					7.991.043 (98,77%)			
Deducible	0%		3%		0%		3%		
Pérdida Anual Esperada (MDP) y Prima Pura Promedio (‰)	MDP	‰ catastral	MDP	‰ catastral	MDP	‰ valor	MDP	‰ valor	
	173	1,74	103	1,03	22.943	2,87	13.088	1,64	
Periodos de retorno	MDP	% catastral	MDP	% catastral	MDP	% valor	MDP	% valor	
200 años	4.463	4,47	3.018	3,03	480.580	6,01	343.444	4,30	
500 años	6.385	6,40	4.385	4,40	665.858	8,33	500.526	6,26	
1000 años	8.408	8,43	5.828	5,84	893.596	11,18	690.738	8,64	
1500 años	9.525	9,55	6.715	6,73	1.086.619	13,60	860.391	10,77	

Ahora bien, según el Acuerdo 760 de 2011, a partir del primero de enero de 2012 y hasta el año 2016, estarán exonerados del pago del impuesto predial los predios urbanos destinados a vivienda de estrato 1, 2 y 3 y los predios rurales destinados a vivienda independientemente del estrato cuyo avalúo catastral sea menor o igual a 39 SMMLV (Col\$ 24.024.000) que corresponden al 20% de del número de predios y al 4% del valor asegurable. La Tabla 5 presenta los resultados para esta nueva situación.

Tabla 5: Resultados de riesgo para los inmuebles privados temporalmente exonerados y no exonerados (Acuerdo 760, 2011).

RESULTADOS DEL RIESGO									
Tipo de inmuebles	Inmuebles exentos (exonerados)					Inmuebles no exentos (exonerados)			
Número de inmuebles	22.501 (19,90%)					90.563 (80,10%)			
Valor asegurable (MDP)	311.811 (3,85%)					7.778.981 (96,15%)			
Deducible	0%		3%		0%		3%		
Pérdida Anual Esperada (MDP) y Prima Pura Promedio (‰)	MDP	‰ catastral	MDP	‰ catastral	MDP	‰ valor	MDP	‰ valor	
	684	2,19	400	1,28	22.432	2,88	12.791	1,64	
Periodos de retorno	MDP	% catastral	MDP	% catastral	MDP	% valor	MDP	% valor	
200 años	15.084	4,84	10.024	3,21	470.249	6,05	335.176	4,33	
500 años	21.038	6,75	14.439	4,63	651.595	8,38	488.454	6,31	
1000 años	28.115	9,02	19.872	6,37	874.263	11,24	673.776	8,70	
1500 años	32.983	10,58	23.955	7,68	1.063.288	13,67	838.803	10,83	

El valor de la prima de los no exonerados, incluyendo los exonerados, con el 3% de deducible, implica sumar 400 MDP a 12.791 MDP de los no exonerados y dividir por el valor asegurable de los mismos. Este valor de prima corresponde a 1,69‰ y sería la prima *blanket* en caso de que todos los inmuebles no exonerados participaran en el seguro.

En la Figura 5 se ilustra la variación de la pérdida anual esperada de acuerdo con el nivel de participación de los inmuebles no exentos (o no exonerados) del impuesto predial. Por ejemplo, en la figura de la derecha, si el porcentaje de participación de los aportantes en el seguro voluntario es del 5%, la pérdida anual expresada al millar del valor asegurable, variaría de 1,7‰ a 2,7‰ de tal forma que todo el grupo de edificaciones susceptibles de compensación quedaría cubierto en la póliza de seguro colectivo. En el caso de que la participación sea del orden del 10%, que ha sido un valor que se considera más o menos estable, la prima para los no exentos o no exonerados sería del 2,1‰.

Ahora bien, la figura de la izquierda ilustra que en el caso de seguir con el mismo criterio utilizado originalmente para definir los inmuebles exentos (25 SMMLV) y de seguir implementando la póliza de seguro que se ha tenido hasta ahora, si el porcentaje de participación de los aportantes en el seguro voluntario es, por ejemplo, del 5%, la prima pura variaría de 1,7‰ al 1,9‰. Este valor sería aún menor si fuesen más los participantes en el programa, lo que ha sido lo normal. Por esta razón, la posibilidad de cubrir todo el grupo de edificaciones susceptibles de compensación o subsidio cruzado es totalmente factible.

El presente artículo hace parte de las memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Mayo de 2015.

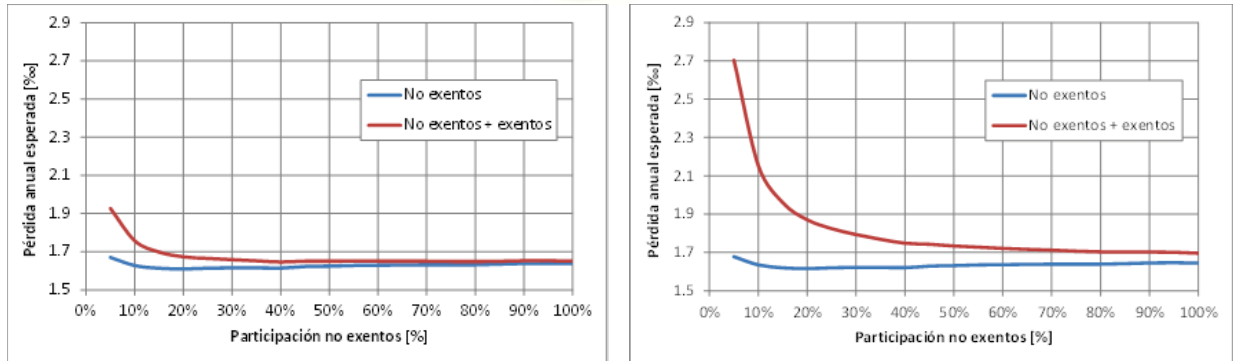


Figura 5: Variación de la prima pura según el porcentaje de participación de los no exentos para las dos situaciones analizadas.

La Figura 6 presenta diferentes rangos de prima pura o pérdida anual esperada al millar con respecto al valor de reposición las edificaciones con un deducible del 3%. En general predominan valores bajos y moderados. Este tipo de mapa es posiblemente la manera más apropiada de representar espacialmente el riesgo sísmico de una ciudad.

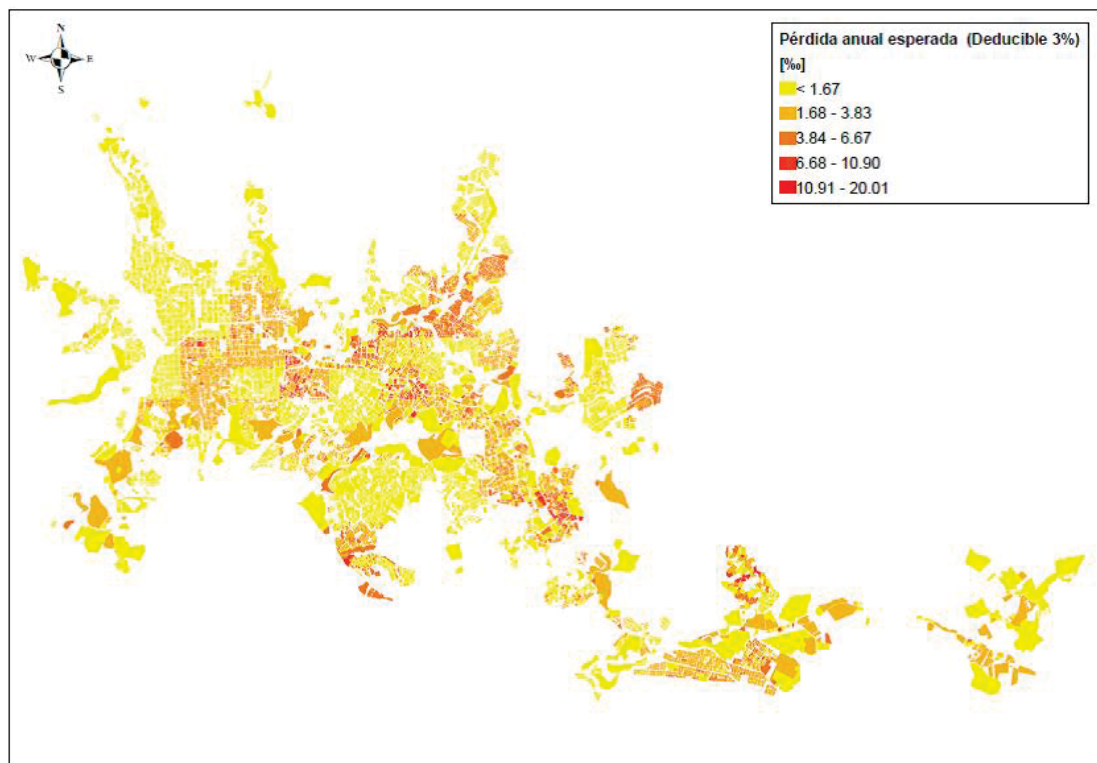


Figura 6: Distribución de la prima pura de riesgo (pérdida anual esperada) al millar en Manizales

CONCLUSIONES

La posibilidad de cubrir los estratos socio-económicos más pobres de la población y el promover, en general, la cultura del seguro en la ciudad de Manizales han sido objetivos de especial interés de la administración municipal. Esta iniciativa ha buscado principalmente un beneficio social y ha sido promovida por el gobierno local. También podría ser factible que sea apoyada por el gobierno nacional en diferentes lugares del país. La relación beneficio-costos es clara desde el punto de vista de la sostenibilidad, prevención, bienestar socio-económico y protección financiera. Está basada en estudios técnicos hechos con modelos de riesgo

El presente artículo hace parte de las memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Mayo de 2015.



robustos, pero los elementos más importantes de esta iniciativa han sido la voluntad política, la gobernabilidad, la solidaridad ciudadana y la percepción del riesgo de la sociedad y los funcionarios del gobierno. Este instrumento innovador sin ninguna duda constituye una experiencia exitosa y es una buena práctica promovida entre el gobierno local y el sector privado que podría ser replicada en otros países en desarrollo propensos a desastres si se realizan estudios apropiados de riesgo para su implementación.

REFERENCIAS

- Andersen, T. 2002. *Innovative Financial Instruments for Natural Disaster Risk Management*. Inter-American Development Bank. Sustainable Development Department. Technical Papers Series. ENV-140.
- Cardona, O.D. 2009. *La Gestión Financiera del Riesgo de Desastres: Instrumentos Financieros de Retención y Transferencia para la Comunidad Andina*. PREDECAN, ISBN: 978-9972-787-79-9, Comunidad Andina, Lima.
- 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. 2005a. *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., Lavell, A.M., Mansilla, E. y Moreno, A.M. 2005b. *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., Marulanda, M.C., and Barbat, A.H. 2008a. Estimation of Probabilistic Seismic Losses and the Public Economic Resilience—An Approach for a Macroeconomic Impact Evaluation. *Journal of Earthquake Engineering*. Vol 12, N° S2, pp. 60-70. ISSN: 1363-2469 print / 1559-808X online, Taylor & Francis, Philadelphia, PA.
- Cardona, O.D., Ordaz, M.G., Yamín, L.E., Marulanda, M.C., and Barbat, A.H. 2008b. Earthquake Loss Assessment for Integrated Disaster Risk Management, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol 12, N° S2, pp. 48-59. ISSN: 1363-2469 print / 1559-808X online, Taylor & Francis, Philadelphia, PA.
- Cardona, O.D., Ordaz, M.G., Marulanda, M.C., and Barbat, A.H. 2008c. Fiscal Impact of future earthquakes and country's economic resilience evaluation using the disaster deficit index, *Innovation Practice Safety: Proceedings 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
- Cardona, O.D., Ordaz, M.G., Yamín, L.E., Arámbula, S., Marulanda, M.C., and Barbat, A.H. 2008d. Probabilistic seismic risk assessment for comprehensive risk management: modeling for innovative risk transfer and loss financing mechanisms, *Innovation Practice Safety: Proceedings 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
- Cummins, J.D. and Mahul, O. 2008. *Catastrophe Risk Financing in Developing Countries: Principles for Public Intervention*. The World Bank, Washington.
- González, D.M. 2014. *Base de datos georreferenciada de edificaciones privadas de la ciudad de Manizales*. Programa de Gestión Integral del Riesgo de Desastres de Manizales, Componente 1: Armonización de la Microzonificación Sísmica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, CORPOCALDAS.
- Grossi, P. and Kunreuther, H. 2005. *Catastrophe modeling: A new approach to managing risk*, Springer Science.
- ITEC. 2004. *Sistema de Información Sísmica de Manizales – SISMan*, Municipio de Manizales, Ingeniería Técnica y Científica Ltda, ITEC Ltda.
- Marulanda, M.C. 2009. *Design and Implementation of a Collective Disaster Risk Transfer Instrument for the Insurance Coverage of Low-income Homeowners by Cross-subsidies in Manizales, Colombia*, Technical Report for IDRC Ecopolis Program of Grants, IDEA, CIMNE.
- Marulanda, M.C. 2013. *Modelación Probabilista de Pérdidas Económicas por Sismo para la Estimación de la Vulnerabilidad Fiscal del Estado y la Gestión Financiera del Riesgo Soberano*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Marulanda, M.C. 2014. *Evaluación del riesgo de Manizales con fines de seguros y protección financiera de inmuebles públicos y privados. Programa de Gestión Integral del Riesgo de Desastres de Manizales, Componente 1, Armonización de la Microzonificación Sísmica*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, CORPOCALDAS.
- Marulanda, M.C., Cardona, O.D., Ordaz, M.G., y Barbat, A.H. 2008a. *La gestión financiera del riesgo desde la perspectiva de los desastres: Evaluación de la exposición fiscal de los Estados y alternativas de instrumentos financieros de retención y transferencia del riesgo*. Monografía CIMNE IS-61, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Marulanda, M.C., Cardona, O.D., and Barbat, A.H. 2008b. The Economic and Social Effects of Small Disasters: Revision of the Local Disaster Index and the Case Study of Colombia. In *Megacities: Resilience and Social Vulnerability*, Bohle, H.G., Warner, K. (Eds.), SOURCE No. 10, United Nations University (EHS), Munich Re Foundation, Bonn.
- Marulanda, M.C., Cardona, O.D., and Barbat, A.H. 2009. Revealing the socio-economic impact of small disasters in Colombia using DesInventar database. *Disasters*, Vol 34, N° 2, pp. 552-570.
- Marulanda, M.C., Cardona, O.D., and Barbat, A.H. 2010. Revealing the Impact of Small Disasters to the Economic and Social Development. In *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security - Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*, H.G. Brauch, U. Oswald Spring, C. Mesjasz, J. Grin, P. Kameri-Mbote, B. Chourou, P. Dunay, J. Birkmann. (Eds.) Springer-Verlag, Berlin - New York.
- Pollner, J. 2001. *Managing Catastrophic Disaster Risks Using Alternative Risk Financing and Pooled Insurance Structures*. World Bank Technical Paper, No. 495.
- Woo, G. 1999. *The Mathematics of Natural Catastrophes*, Imperial College Press.

El presente artículo hace parte de las memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Mayo de 2015.