

## **INFORME TÉCNICO**

### **DIAGNÓSTICO DEL RIESGO URBANO Y LA GESTIÓN DEL RIESGO PARA LA PLANIFICACIÓN Y EL MEJORAMIENTO DE LA EFECTIVIDAD A NIVEL LOCAL: APLICACIÓN A LA CIUDAD DE MANIZALES**

**- COLOMBIA -**

Dora-Catalina Suárez

Investigador Supervisor: Omar D. Cardona



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – MANIZALES

SEPTIEMBRE, 2009

## CONTENIDO

<b>1. CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	7
1.2 OBJETIVO.....	9
<b>2. CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 ENFOQUE HOLÍSTICO DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO.....	10
2.2 EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGOS.....	13
<b>3. CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN .....</b>	<b>17</b>
3.1 EL ÍNDICE DE RIESGO URBANO, IRU.....	17
3.2 EL ÍNDICE DE GESTIÓN DE RIESGOS, IGR.....	24
<b>4. CAPÍTULO 4. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO URBANO .....</b>	<b>30</b>
4.1 RIESGO FÍSICO.....	30
4.2 COEFICIENTE DE AGRAVAMIENTO .....	40
4.3 ÍNDICE DE RIESGO TOTAL.....	51
<b>5. CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE GESTIÓN DE RIESGO.....</b>	<b>54</b>
5.1 IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO.....	55
5.2 REDUCCIÓN DEL RIESGO .....	57
5.3 MANEJO DE DESASTRES.....	58
5.4 PROTECCIÓN FINANCIERA .....	59
5.5 ÍNDICE DE GESTIÓN DE RIESGOS .....	60
<b>6. CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>66</b>
7.1 FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN.....	66
7.2 RESULTADOS DE LOS DESCRIPTORES.....	73
7.3 ÍNDICE PARCIAL DE DISPARIDAD SOCIAL.....	80
7.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO .....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	90
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA .....	95

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Descriptores de riesgo físico, sus unidades e identificadores.....	20
Tabla 3.2 Descriptores de agravamiento, sus unidades e identificadores .....	22
Tabla 4.1 Valores de los descriptores de riesgo físico para las comunas de Manizales.....	34
Tabla 4.2 Parámetros para aplicar la función sigmoïdal a los descriptores de riesgo físico	36
Tabla 4.3 Factores de riesgo físico .....	36
Tabla 4.4 Pesos para los factores de riesgo físico para Manizales .....	37
Tabla 4.5 Valores de los descriptores de fragilidad social para las comunas de Manizales	41
Tabla 4.6 Parámetros para aplicar la función sigmoïdal a los descriptores de fragilidad social.....	43
Tabla 4.7 Factores de fragilidad social .....	43
Tabla 4.8 Valores de los descriptores de falta de resiliencia para las comunas de Manizales .....	44
Tabla 4.9 Parámetros para aplicar la función sigmoïdal a los descriptores de resiliencia ...	47
Tabla 4.10 Factores de falta de resiliencia .....	47
Tabla 4.11 Pesos para los factores de fragilidad social y falta de resiliencia.....	48
Tabla 4.12 Índices de riesgo total, riesgo físico, y coeficiente de agravamiento para Manizales.....	51
Tabla 5.1 Subindicadores de Identificación del Riesgo, para Manizales .....	54
Tabla 5.2 Calificación de cada subindicador de identificación de riesgos, IR.....	56
Tabla 5.3 Asignación de importancias a cada subindicador IR, y aplicación del PAJ.....	56
Tabla 5.4 Calificación de cada subindicador de reducción de riesgos, RR.....	57
Tabla 5.5 Asignación de importancias a cada subindicador RR, y aplicación del PAJ .....	57
Tabla 5.6 Calificación de cada subindicador de manejo de desastres, MD.....	58
Tabla 5.7 Asignación de importancias a cada subindicador MD, y aplicación del PAJ .....	58
Tabla 5.8 Calificación de cada subindicador de protección financiera, PF.....	59
Tabla 5.9 Comparación de importancia de cada subindicador PF, y aplicación del PAJ ....	59
Tabla 5.10 Valores del IGR para Manizales.....	60
Tabla 5.11 Diferencias entre primer y último periodo de los subindicadores del IGR para Manizales.....	62
Tabla 7.1 Población durante el día y la noche en cada comuna .....	73
Tabla 7.2 Área construida en cada comuna.....	73
Tabla 7.3 Sistemas estructurales evaluados en Manizales .....	74
Tabla 7.4 Resultados para el área destruida para diferentes escenarios de riesgo.....	75
Tabla 7.5 Resultados para el área destruida para diferentes escenarios de riesgo.....	76
Tabla 7.6 Resultados personas muertas, heridas y atrapadas, promedio de día y noche para diferentes escenarios de riesgo .....	76
Tabla 7.7 Resultados personas muertas, heridas y atrapadas, promedio de día y noche para diferentes escenarios de riesgo .....	77
Tabla 7.8 Resumen de pérdidas para diferentes escenarios de riesgo .....	77
Tabla 7.9 Resultados personas sin vivienda y sin trabajo para diferentes escenarios de riesgo .....	78

Tabla 7.10 Resultados personas sin vivienda y sin trabajo para diferentes escenarios de riesgo .....	79
Tabla 7.11 Dimensiones y Variables del NBI .....	82
Tabla 7.12 Datos para el indicador de condiciones de vivienda para Manizales .....	84
Tabla 7.13 Datos indicador de nivel educativo para Manizales .....	85
Tabla 7.14 Índice Parcial de Disparidad Social para Manizales .....	86
Tabla 7.23 Escala de asignación de importancia comparativa entre parejas .....	88
Tabla 7.24 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (escala semántica).....	88
Tabla 7.25 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (pesos).....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.7 Marco y modelo teórico para el enfoque holístico de la evaluación y gestión del riesgo de desastre, a partir de Cardona y Barbat (2000).....	11
Figura 2.8 Nueva versión del modelo (Carreño et al. 2004; 2005) .....	12
Figura 2.10 Marco conceptual de la reducción de riesgos, EIRD .....	14
Figura 3.1 Esquema del proceso de cálculo del IRU.....	20
Figura 3.2 Riesgo Físico. Función de transformación para el área destruida.....	23
Figura 3.3 Fragilidad Social. Función de transformación para el área barrios marginales .....	23
Figura 3.4 Falta de resiliencia. Función de transformación para camas en hospitales.....	23
Figura 3.5 Esquema de cálculo del IRU .....	24
Figura 3.6 Esquema general del cálculo del IGR .....	25
Figura 3.7 Comportamiento de la gestión de riesgos y forma de las funciones .....	27
Figura 3.8 Esquema del proceso de cálculo del IGR.....	29
Figura 4.1 Comunas de Manizales .....	30
Figura 4.2 Distribución de los trazos de las fuentes que pueden generar sismos en la zona Andina .....	31
Figura 4.3 Escenario de daños del promedio de los efectos causados por un terremoto en la falla de Romeral y en la Zona de Benioff.....	33
Figura 4.4 Valores de los descriptores de área destruida para las comunas de Manizales... ..	34
Figura 4.5 Valores de los descriptores de riesgo físico para las comunas de Manizales .....	35
Figura 4.6 Índice de Riesgo Físico .....	37
Figura 4.7 Mapa del índice de riesgo físico.....	39
Figura 4.8 Valores de los descriptores de fragilidad social.....	42
Figura 4.9 Valores de los descriptores relacionados con la salud en falta de resiliencia .....	45
Figura 4.10 Valores de los descriptores de falta de resiliencia .....	46
Figura 4.11 Coeficiente de Agravamiento.....	48
Figura 4.12 Mapa con coeficiente de agravamiento.....	50
Figura 4.13 Índice de Riesgo Total .....	51
Figura 4.14 Mapa con el Índice de Riesgo Total.....	53
Figura 5.1 de cálculo del IGR para Identificación de Riesgos .....	55
Figura 5.2 Manizales, $IGR_{IR}$ .....	56
Figura 5.3 Manizales, $IGR_{RR}$ .....	57
Figura 5.4 Manizales, $IGR_{MD}$ .....	59
Figura 5.5 Manizales, $IGR_{PF}$ .....	60
Figura 5.6 Manizales, IGR total .....	61
Figura 7.1 Funciones de transformación de área destruida y muertos .....	66
Figura 7.2 Funciones de transformación de área heridos y personas sin vivienda.....	67
Figura 7.3 Funciones de transformación personas sin trabajo .....	68
Figura 7.4 Funciones de transformación de área barrios marginales .....	68
Figura 7.5 Funciones de transformación tasa de mortalidad y delincuencia.....	69
Figura 7.6 Funciones de transformación densidad de población.....	70
Figura 7.7 Funciones de transformación camas hospitalarias .....	70
Figura 7.8 Funciones de transformación recurso humano en salud y espacio público .....	71

Figura 7.9 Funciones de transformación personal de socorro, nivel de desarrollo y participación comunitaria .....	72
Figura 7.16 Indicador de condiciones de habitabilidad para Manizales.....	84
Figura 7.17 Indicador de nivel de educativo para Manizales .....	85

## **CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Los desastres se han convertido en un problema en aumento que preocupa a los gobiernos de todo el mundo y a las agencias internacionales. La reducción de su recurrencia, severidad e impacto, especialmente en los países en desarrollo, es uno de los principales retos para el desarrollo en la actualidad.

La Estrategia Internacional para Reducción de Desastres (ERID), de las Naciones Unidas, ha señalado que el número de personas en riesgo en el mundo ha estado aumentando en una tasa de 70 a 80 millones por año, dejando en evidencia el aumento de la vulnerabilidad humana en diferentes sitios del mundo. En los últimos años en Europa se han sufrido las peores inundaciones, mientras que Australia ha sido golpeada por fuertes sequías. En 2004 ciclones afectaron a los países del Caribe, la isla de Mauricio, Reunión, la República de Corea, Japón, y México, y tornados dejaron una huella de devastación en los Estados Unidos (ISDR, 2004). Por su parte, la aseguradora Munich Re registró cerca de 700 catástrofes naturales en el 2002, y estimó pérdidas económicas de \$55 billones de dólares (ISDR, 2004).

En el 2005 se tuvo el mayor número de huracanes (13) con efectos devastadores en México, Centro América e islas del Caribe y la costa norte del Golfo de México: Luisiana, Missouri, Mississippi y Texas. El impacto global oscila entre 200 y 210 mil millones de dólares, más de 4.600 personas fallecidas y más de seis millones de personas afectadas, y las estimaciones preliminares del monto de daños y pérdidas en América Latina y el Caribe superan los 6 mil millones de dólares (EIRD, 2006a).

En el período abarcado de junio de 2005 a mayo de 2006, se produjeron 404 desastres con efectos a escala nacional; esto es, un promedio de uno al día, que es una cifra superior en un 25% al promedio correspondiente al anterior período decenal (1995-2004), con un total de 115 países afectados y 93.000 personas fallecidas y costos económicos que alcanzaron los 173.000 millones de dólares (ONU, 2006).

En el caso de Colombia también se han presentado múltiples desastres. En 1985 se presentó la erupción del volcán Nevado del Ruiz. El flujo de lodo causado por el deshielo de sus glaciares, destruyó la población de Armero y causó graves daños en Chinchiná y otras poblaciones menores y significó no menos de 20,000 muertos y pérdidas económicas notables (211.8 millones de dólares, Naciones Unidas, 1985). Por otra parte, el Fenómeno de El Niño, también ha afectado al país. Entre 1997 y 1998, se generaron pérdidas económicas del orden de 564 millones de dólares, según la CAF. En 1999 se presentó el terremoto del eje cafetero, cuyas pérdidas se estiman en 1,589 millones de dólares (equivalente al 2.2% del PIB de 1998). Este evento causó la muerte de 1,230 personas, 3,000 heridos y cerca de 200,000 afectados (Cardona, 2004). Por otra parte, las temporadas de lluvias han generado inundaciones y deslizamientos en todo el país, con un saldo de

703,010 personas afectadas, de acuerdo con los registros de la Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres, en el periodo 2002 a 2003, y con 494,809 para el año 2004 (DNPAD, 2005).

En el ámbito local, Manizales también ha sufrido desastres importantes en su historia. Por la actividad volcánica y sísmica de la zona se han presentado sismos notables en 1938 (sin daños importantes), 1962, 1964, 1979 y sismos regionales recientes en 1995 y 1999. Los últimos sismos generaron pocas víctimas en la ciudad, pero los daños materiales (en viviendas y redes de agua, alcantarillado e infraestructura vial) han sido de importancia. Sin embargo los desastres más numerosos registrados en Manizales han sido los deslizamientos, que han representado desde tiempo atrás una problemática para ciudad. Los eventos más importantes en los últimos años se presentaron en el año 1993 y 2003, con un amplio número de muertos, heridos, afectados y evacuados. La ciudad también sufrió dos incendios devastadores en 1925 y 1926 y aún hoy, es muy vulnerable al fuego, esencialmente en su zona central donde predomina un hábitat tradicional de bahareque. Además, existen algunos sectores inundables, principalmente a orillas de los ríos Chinchiná y Olivares, aunque las inundaciones son excepcionales (Cardona, 2005; Chardon, 2002).

Todo lo anterior hace que la gestión de riesgos sea un tema de importancia en los últimos años para las agencias internacionales y para los gobiernos nacionales y locales, haciendo énfasis en la reducción de riesgos y la necesidad de evaluar el riesgo existente. Es así, como dentro de las prioridades del marco de acción de Hyogo 2005-2015, de la Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres en el 2005, en Kobe, Japón, se señala que para identificar, valorar y monitorear el riesgo de desastres y realzar la alerta temprana, se requieren actividades claves dentro de las que se encuentran: *“el desarrollo de sistemas de indicadores de riesgo de desastre y vulnerabilidad a escalas nacional y subnacional que posibiliten a los tomadores de decisiones evaluar el impacto de los desastres en las condiciones sociales, económicas y ambientales y diseminar los resultados entre tomadores de decisiones, el público y la población en riesgo”* (UN, 2005; Birkmann, 2006).

Manizales ha tenido importantes avances en la gestión de riesgos. Ha incluido el tema en la planificación; adelantado estudios técnicos desde el punto de vista sísmico y geotécnico; ha realizado refuerzos estructurales y obras de estabilidad de taludes; estrategias de aseguramiento colectivo y para edificaciones públicas, entre otros logros. Este progreso en el tema hace que se tenga un nivel conocimiento y manejo que permite el uso de herramientas idóneas e innovadoras para la toma de decisiones. En este contexto los indicadores de evaluación de riesgo y gestión de riesgo pueden aportar mucho a la ciudad integrando una visión más comprensiva del riesgo para establecer medidas de reducción del riesgo, principalmente de su vulnerabilidad, en los planes de desarrollo.



## **1.2 OBJETIVO**

El propósito del desarrollo de indicadores de riesgo y gestión del riesgo a nivel urbano para el diagnóstico y la planificación en Manizales, es adecuar y aplicar las metodologías de evaluación de riesgo y del desempeño de su gestión a nivel local, retomando los productos que al respecto se han desarrollado bajo la coordinación del IDEA de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, aportando y replicando su evaluación en la ciudad para que la administración municipal tenga unas herramientas que le permitan mejorar la efectividad de sus acciones de reducción y prevención de desastres.

Este propósito se logra a través de los siguientes objetivos específicos:

1. Adecuar y aplicar el índice de riesgo urbano para el caso sísmico, IRU, con el fin de evaluar el riesgo desde una perspectiva holística en la ciudad de Manizales, teniendo en cuenta tanto el riesgo físico, así como el factor de impacto que se deriva de la fragilidad social y la falta de resiliencia de la sociedad.
2. Adecuar y aplicar el índice de gestión de riesgos, IGR, con el fin de evaluar el nivel de desempeño de la ciudad de Manizales en las políticas públicas de gestión de riesgos.

## CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ENFOQUE HOLÍSTICO DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO

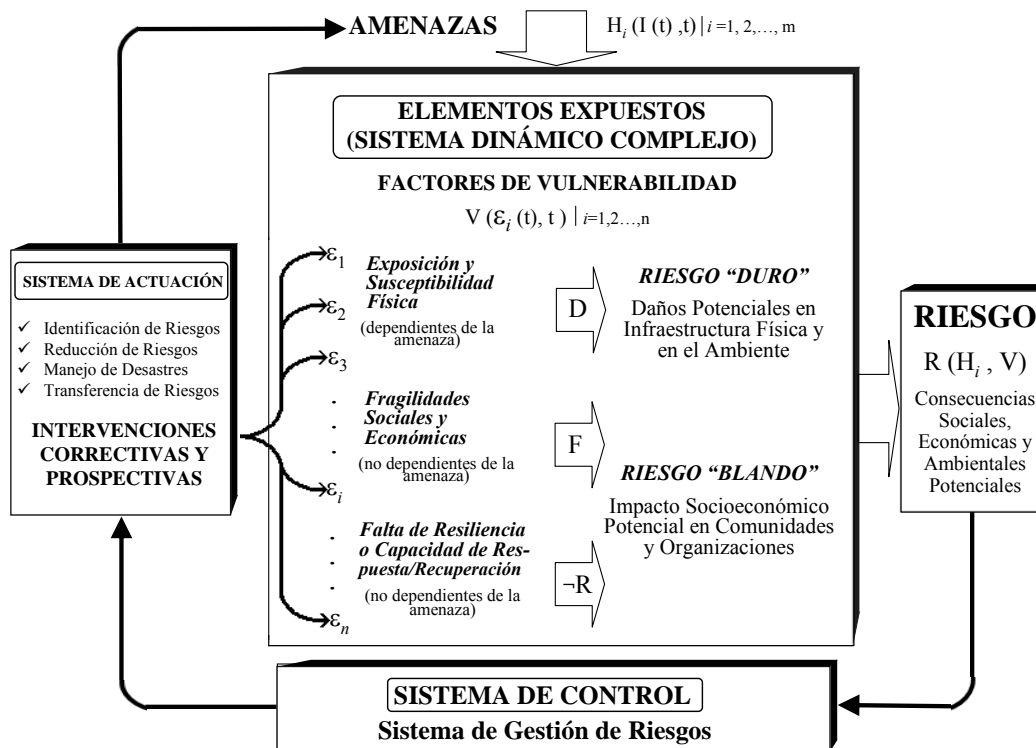
Considerada por Birkmann (2006) como una de las seis escuelas existentes de discusión de marcos conceptuales y analíticos diferentes, la aproximación de la valoración holística del riesgo y la vulnerabilidad fue propuesto por Cardona a finales de los años 90 (Cardona, 2001) y lo aplicó con Hurtado y Barbat en el 2000, donde la vulnerabilidad se evalúa considerando dimensiones o aspectos que se pueden subdividir en tres categorías o factores (Cardona, et al., 2005; Carreño, et al., 2004, 2005a, 2005b, 2006):

*Exposición física y susceptibilidad, D*, que corresponde a un riesgo “duro”, relacionado con el daño potencial en la infraestructura física y el ambiente (dependiente de la amenaza).

*Fragilidades socio-económicas, F*, que contribuyen a un riesgo “blando”, relacionado con el impacto potencial sobre el contexto social, (independiente de la amenaza) y

*La falta de resiliencia para enfrentar desastres y recuperarse,  $\neg R$* , que contribuye también al riesgo “blando” o factor de impacto de segundo orden sobre comunidades y organizaciones (independiente de la amenaza).

El modelo del enfoque holístico consiste en que los elementos expuestos constituyen un sistema dinámico complejo, con unos factores de vulnerabilidad (riesgo “duro” y riesgo “blando”), que en la presencia de una amenaza generan riesgo. El sistema de gestión de riesgos, que debe contar con un sistema de control y de actuación representado en la organización institucional, determina las medidas e intervenciones correctivas y prospectivas. Aplicando las políticas públicas y acciones de reducción del riesgo a la amenaza pero principalmente a cada una de las variables que constituyen los factores de vulnerabilidad: exposición y susceptibilidad física, fragilidades sociales y económicas, y falta de resiliencia, se constituye un bucle de retroalimentación.

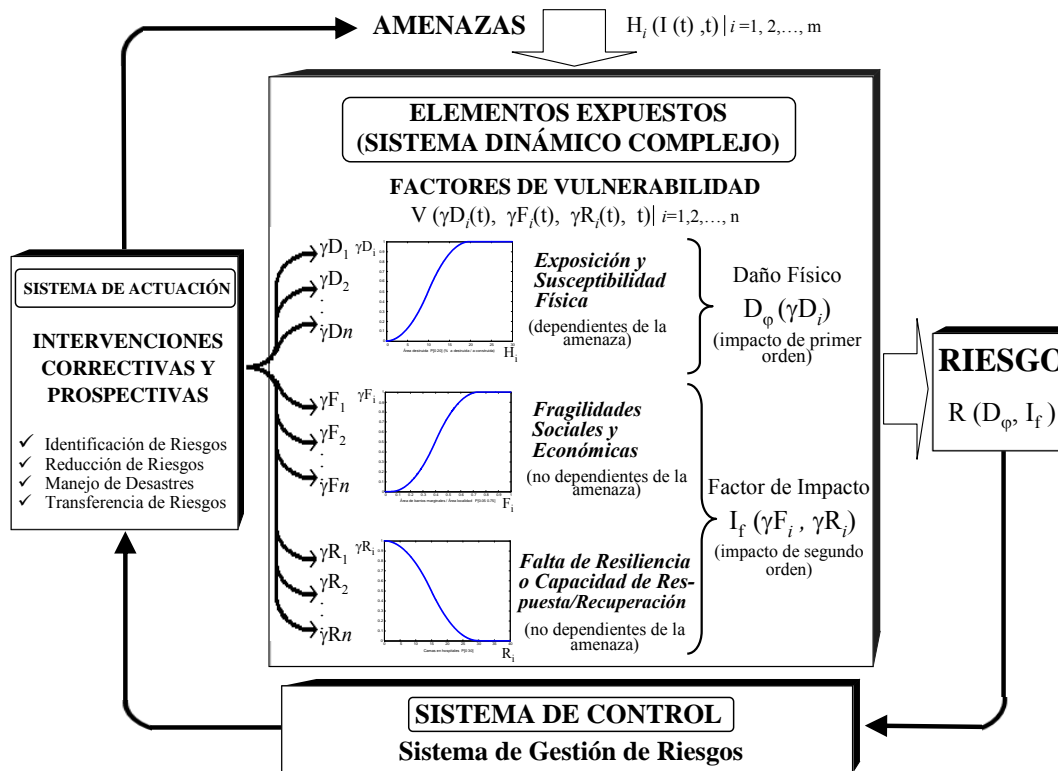


Fuente: Cardona et al. (2005).

Figura 2.1 Marco y modelo teórico para el enfoque holístico de la evaluación y gestión del riesgo de desastre, a partir de Cardona y Barbat (2000)

“La vulnerabilidad y, por lo tanto, el riesgo son el resultado del crecimiento económico inadecuado, por una parte, y de deficiencias que pueden corregirse a través de procesos apropiados de desarrollo. Indicadores e índices se podrían proponer para medir la vulnerabilidad desde una perspectiva integral y multidisciplinaria” (Cardona, et al., 2005; Carreño, et al., 2004, 2005a, 2005b, 2006).

El modelo holístico fue actualizado mediante una versión específica de Carreño, Cardona y Barbat en el 2004 y 2005, donde se redefine el significado de riesgo “duro” y “blando” en términos de “daño físico”, obtenido de la exposición y susceptibilidad física, y de un “factor de impacto” obtenido de fragilidades socio-económicas y la falta de resiliencia del sistema para resistir y recuperarse de un desastre.



Fuente: Cardona et al. (2005).

Figura 2.2 Nueva versión del modelo (Carreño et al. 2004; 2005)

“Desde un enfoque holístico el riesgo,  $R$ , es una función del daño físico potencial,  $D_\phi$ , y de un factor de impacto,  $I_f$ . El primero es obtenido de la susceptibilidad de los elementos expuestos,  $\gamma D_i$ , a las amenazas,  $H_i$ , teniendo en cuenta las intensidades potenciales,  $I$ , de los eventos en un periodo de tiempo  $t$ ; y el segundo depende de las fragilidades sociales,  $\gamma F_i$ , y de aspectos relacionados con la falta de resiliencia,  $\gamma R_i$ , del sistema socio-técnico o contexto propenso a desastres. Usando los metaconceptos de la teoría del control y la dinámica de sistemas complejos, para reducir el riesgo es necesario intervenir en forma correctiva y prospectiva los factores de vulnerabilidad y, cuando es posible, las amenazas en forma directa” (Cardona, et al., 2005; Carreño, et al., 2004, 2005a, 2005b, 2006).

### 2.1.1 Programa de indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos

Desarrollado por el Instituto de Estudios Ambientales, IDEA, de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, para el Banco Interamericano de Desarrollo, BID. El Programa de indicadores permite la comparación de cada país durante diferentes periodos entre 1980 y 2000, así como comparaciones entre países, en forma sistemática y cuantitativa. El principal objetivo es facilitar a los tomadores de decisiones a nivel nacional el acceso a la información relevante sobre el riesgo y su gestión, que les permita identificar y proponer políticas y acciones efectivas (Cardona, et al., 2005).

El sistema de indicadores está compuesto por cuatro índices: el índice de Déficit por Desastre (IDD), el Índice de Desastres Locales (IDL), el Índice de Vulnerabilidad Permanente (IVP), y el Índice de Gestión de Riesgo (IGR). 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 (Cardona, et al., 2005).

El IDL captura la problemática de riesgo social y ambiental que se deriva de los eventos frecuentes menores que afectan de manera crítica el nivel local y subnacional, impactando, en particular, a los estratos socio-económicos más frágiles de la población y generando un efecto altamente perjudicial para el desarrollo del país.

El IVP está constituido por una serie de indicadores que caracterizan las condiciones predominantes de vulnerabilidad del país en términos de exposición en áreas propensas, fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia social en general.

El IGR corresponde a un conjunto de indicadores relacionados con el desempeño de la gestión de riesgos del país, que reflejan su organización, capacidad, desarrollo y acción institucional para reducir la vulnerabilidad y las pérdidas, prepararse para responder en caso de crisis y recuperarse con eficiencia (Cardona, et al., 2005; Carreño, et al., 2004, 2005c).

El conjunto de índices permite el cubrimiento de diferentes perspectivas de la problemática de riesgos de cada país.

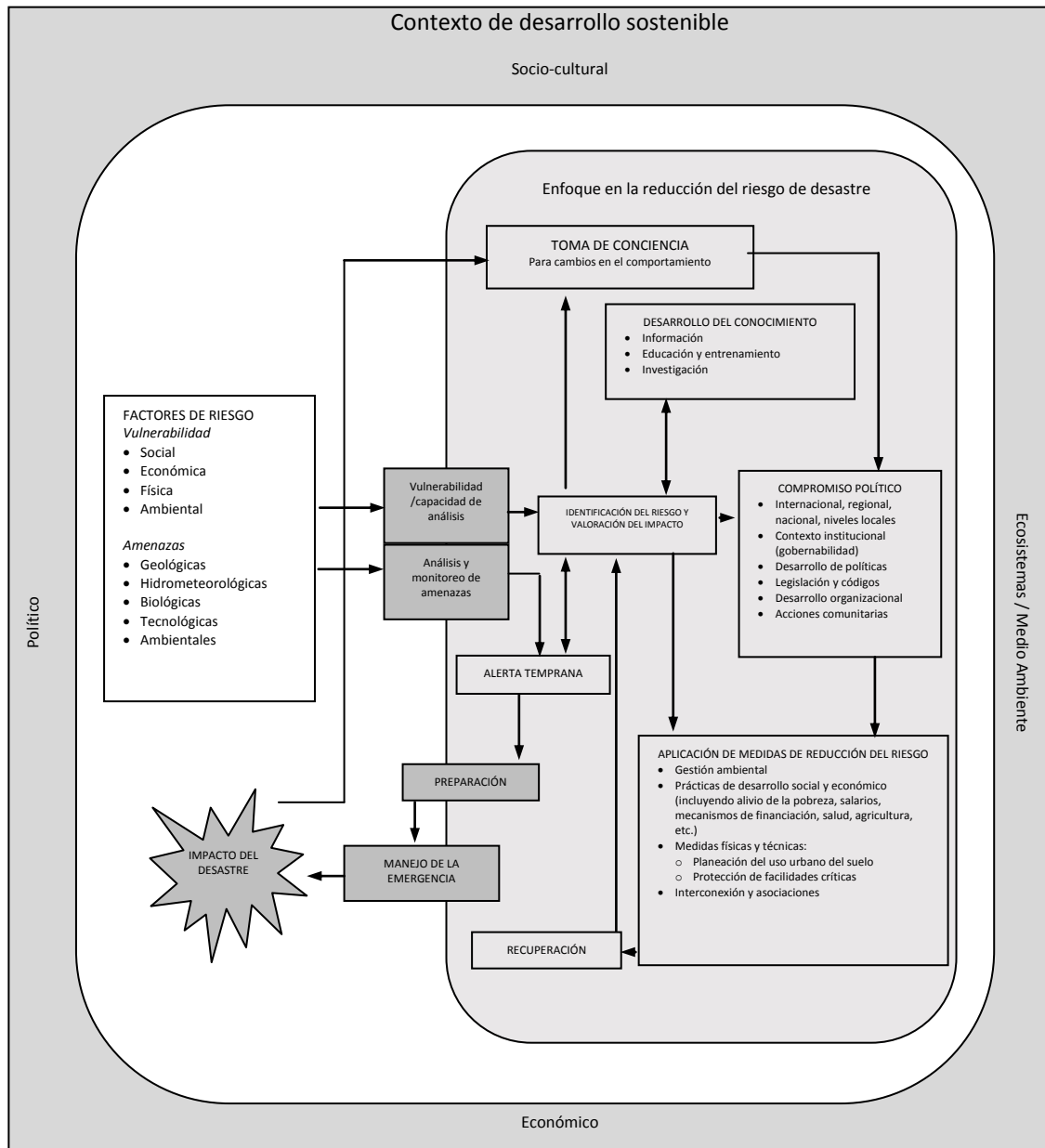
## **2.2 EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE RIESGOS**

Una vez definidos y analizados los elementos o factores del riesgo se requiere el diseño de planes y estrategias para disminuir los posibles efectos, que van desde soluciones puntuales hasta compromisos que puedan resultar en cambios políticos, económicos, sociales, culturales y ambientales, en una localidad, en una nación, e internacionales.

En trabajos de Cardona (2001, 2003), la gestión de riesgos es el conjunto de elementos, medidas y herramientas dirigidas a la intervención de la amenaza o la vulnerabilidad, con el fin de disminuir o mitigar los riesgos existentes. Tiene como objetivo articular los tipos de intervención dándole un papel principal a la prevención-mitigación. Toma como punto de partida la noción de que el riesgo como manifestación social es una situación dinámica. No debe ser un propósito o política solo del Estado sino que debe convocar también a fuerzas no gubernamentales y se debe tener en cuenta en todos los niveles territoriales (Cardona, 2001, 2005a).

La reducción del riesgo es el resultado de la gestión de riesgos, y una forma de ver su proceso fue propuesto por la Estrategia Internacional para reducción de Desastres (EIRD), con un marco conceptual que proporciona una mirada global de las fases que se deben tomar en cuenta en la reducción del riesgo de desastre, como el análisis de la

vulnerabilidad, el análisis del riesgo y la evaluación del riesgo, alerta temprana y repuesta; representado en la figura 2.10, sin embargo no es fácil evidenciar cómo se debe hacer la reducción del riesgo a través de la reducción de la vulnerabilidad y la mitigación de las amenazas (Birkmann, 2006).



Fuente: Birkmann, 2006

**Figura 2.3 Marco conceptual de la reducción de riesgos, EIRD**

Ya que la gestión de riesgo para su reducción debe ser un compromiso de las administraciones públicas debe convertirse en una política pública, tanto nacional como local, y entre mayor claridad se tenga sobre la dimensión del problema y el tipo de medidas que se deben tomar será más precisa y efectiva. Según Cardona, esta política debe tener en

cuenta aspectos como: la articulación fuerzas sociales, políticas, institucionales, públicas, privadas de todos los niveles territoriales; promover planteamientos y participación democráticos; intervenir sobre el conocimiento de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, los mecanismos de reducción del riesgo, de preparación de la población e instituciones para enfrentar casos de desastre, incorporación en la toma de decisiones y procesos educativos (Cardona, 2005a).

Se han aplicado algunas pocas aproximaciones a la valoración del desempeño de la gestión del riesgo y/o reducción del riesgo. Se puede mencionar el trabajo de Mitchell (2003), Marco Convencional para la Reducción del Riesgo de Desastre, que define cuatro temas: Política y legislación, políticas institucionales, conocimiento y práctica; divididos en 20 indicadores de reducción de riesgo de desastre, cada uno con una meta principal y tres criterios de evaluación (Mitchell, 2003).

Uno de los esfuerzos más reconocidos en la valoración de la gestión del riesgo es la del Programa de Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión de Riesgos BID-IDEA, que define el índice de gestión de riesgos, IGR, compuesto por cuatro indicadores que representan diferentes políticas públicas de la gestión de riesgos, siguiendo la metodología propuesta por Carreño, *et al.* (2004) en que la valoración de cada indicador se realiza utilizando cinco niveles de desempeño: bajo, incipiente, significativo, sobresaliente y óptimo (Cardona *et al.*, 2005).

Las políticas públicas de gestión de riesgo referidas son las siguientes:

*La identificación del riesgo:*

Comprende, en general, la percepción individual, la representación social y la estimación objetiva. Para poder intervenir el riesgo es necesario reconocerlo, dimensionarlo (medirlo) y representarlo mediante modelos, mapas, índices, etc. que tengan significado para la sociedad y para los tomadores de decisiones. Metodológicamente involucra la valoración de las amenazas factibles, de los diferentes aspectos de la vulnerabilidad de la sociedad ante dichas amenazas y de su estimación como una situación de posibles consecuencias de diferente índole en un tiempo de exposición definido como referente. Su valoración con fines de intervención tiene sentido cuando la población lo reconoce y lo comprende (Cardona, *et al.*, 2005).

*La reducción de riesgos:*

La principal acción de gestión de riesgos es la reducción del riesgo. En general, corresponde a la ejecución de medidas estructurales y no estructurales de prevención-mitigación. Es la acción de anticiparse con el fin de evitar o disminuir el impacto económico, social y ambiental de los fenómenos peligrosos potenciales. Implica procesos de planificación, pero fundamentalmente de ejecución de medidas que modifiquen las condiciones de riesgo mediante la intervención correctiva y prospectiva de los factores de vulnerabilidad existente o potencial, y control de las amenazas cuando eso es factible (Cardona, *et al.*, 2005).

*El manejo de desastres:*

Corresponde a la apropiada respuesta y recuperación post desastre, que depende del nivel de preparación de las instituciones operativas y la comunidad. Este componente de la política pública de gestión de riesgos tiene como objetivo responder eficaz y eficientemente cuando el riesgo ya se ha materializado y no ha sido posible impedir el impacto de los fenómenos peligrosos. Su efectividad implica una real organización, capacidad y planificación operativa de instituciones y de los diversos actores sociales que verían involucrados en casos de desastre (Cardona, et al., 2005).

*La transferencia del riesgo:*

Desde el punto de vista financiero el manejo del riesgo tiene como objetivo identificar y analizar las exposiciones de pérdida, examinando las posibilidades de transferencia y retención de esas pérdidas, llevando a cabo las transacciones del caso y estando atentos a los cambios o ajustes que deban realizarse. Esto involucra la industria de seguros y reaseguros, la titularización y otros esquemas financieros utilizados o que se podrían explorar para integrarlos a una gestión integral del riesgo colectivo (Cardona, 2005a).



## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN**

En términos generales, se denomina indicador a una observación empírica que sintetiza aspectos de un fenómeno que resultan importantes para uno o más propósitos analíticos y prácticos. Si bien el término indicador puede aludir a cualquier característica observable de un fenómeno, suele aplicarse a aquellas que son susceptibles de expresión numérica (CEPAL, 2001). Los indicadores son criterios para valorar, analizar y evaluar el comportamiento de variables, es decir las características, componentes, factores y elementos que son razón de estudio, planificando y tomando decisiones a partir de estos (Quintero, 1997).

La valoración a través de indicadores ha sido común especialmente para situaciones económicas, sociales e industriales, no sólo para evaluar las acciones realizadas en estas áreas sino también para definir políticas para la administración pública o privada. El desarrollo de indicadores también se puede ver en sectores como el de salud y vivienda, y hasta se ha diseñado un indicador para el desarrollo humano. Más recientemente en el tema ambiental también se ha visto necesario tener una valoración y medición, principalmente desde la Declaración de Río de Janeiro en 1992, para revisar el daño que se venía haciendo al medio ambiente, o de impactos ambientales, así como del estado de los recursos, las condiciones ambientales y el desarrollo sostenible. Dentro de este tema ambiental, la problemática de riesgos también necesita definir indicadores para que se posibilite la toma de decisiones de una manera más efectiva y acertada.

Teniendo en cuenta la importancia de los indicadores para el diagnóstico y la visión general de un problema y su evolución el presente trabajo pretende hacer una valoración del riesgo y la gestión de riesgos para el caso de Manizales, para lo cual se adaptaron y aplicaron el Índice de Riesgo Urbano (IRU) y el Índice de Gestión de Riesgos (IGR). La metodología utilizada es una técnica orientada a la evaluación holística del riesgo, propuesta por Cardona desde el 2001, que ha ido evolucionando en los trabajos de Barbat, en el año 2003 y de Carreño, Cardona y Barbat, en el año 2004, en el marco del Proyecto de Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión de Riesgos, del Banco Interamericano de Desarrollo, BID, y el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, IDEA, desarrollado entre el 2003 y 2005.

### **3.1 EL ÍNDICE DE RIESGO URBANO, IRU**

El enfoque holístico tiene en cuenta no sólo el riesgo físico al que está expuesto un centro urbano sino también variables económicas, sociales y de capacidad de respuesta. Las metodologías basadas en dicho enfoque permiten orientar la toma de decisiones en la gestión del riesgo, identificando zonas de la ciudad que pueden ser especialmente problemáticas en caso de un evento catastrófico, en este caso sería un sismo, no sólo por el daño físico que puede presentar, sino también por las características socio-económicas del

contexto y la capacidad para atención de desastres (Carreño, 2007; Carreño, et al., 2004, 2005a, 2005b, 2006).

El índice de riesgo urbano, para la amenaza sísmica, que en este trabajo se definirá con  $R_T$  (riesgo total), se obtiene partiendo de descriptores o variables de entrada tanto para el riesgo físico como el riesgo del contexto. Los descriptores de riesgo físico se obtienen a partir de escenarios de riesgo físico y los del riesgo del contexto a partir de información sobre la fragilidad socio-económica y la falta de resiliencia del contexto. La fragilidad socio-económica y la falta de resiliencia son factores que “agravan” el riesgo físico o impacto directo de un evento.

El procedimiento propuesto por Cardona (2001) para la estimación holística y relativa del riesgo sísmico urbano parte de la identificación de unas unidades de análisis  $k$ , que son las áreas para las cuales se determina el índice de riesgo total,  $IR_{T_k}$ , que se expresa mediante la ecuación 3.1.1 como:

$$IR_{T_k} = IR_{H_k} \cdot \delta IR_{H_k} + IR_{S_k} \cdot \delta IR_{S_k} \quad (3.1.1)$$

donde  $IR_{H_k}$  es el índice de riesgo sísmico físico (*hard* o duro), que está basado en descriptores obtenidos de los estimadores de las pérdidas potenciales urbanas que pueden causar los futuros terremotos;  $IR_{S_k}$  es un índice de riesgo sísmico del contexto (*soft* o blando), obtenido del valor escalado del producto de los descriptores de amenaza sísmica y de vulnerabilidad del contexto; y  $\delta IR_{H_k}$  y  $\delta IR_{S_k}$  son los factores de participación de cada índice para cada área de análisis,  $k$ . El índice de riesgo físico viene dado mediante la ecuación 3.1.2:

$$IR_{H_k} = \sum_i X_{IR_i} \cdot \delta IR_i \quad (3.1.2)$$

donde  $X_{IR_i}$  es el valor de cada indicador  $i$  obtenido de la información de los escenarios de pérdidas y  $\delta IR_i$  el factor de participación de cada indicador  $i$ , para cada área de análisis  $k$ . El índice de riesgo sísmico del contexto se puede estimar mediante la ecuación 3.1.3, así:

$$IR_{S_k} = \alpha ((H_{S_k} - \beta)(V_{S_k} - \beta) + \beta) \quad (3.1.3)$$

donde  $H_{S_k}$  es el descriptor de la amenaza sísmica del contexto,  $V_{S_k}$  el descriptor de la vulnerabilidad del contexto y  $\alpha$  y  $\beta$  constantes de visualización relativas a la media y la desviación estándar de los valores, que se explican más adelante.

Ahora bien, el descriptor de amenaza sísmica del contexto se expresa así:

$$H_{S_k} = \sum_i X_{H_i} \cdot \delta H_i \quad (3.1.4)$$

donde  $X_{Hi}$  es el valor de los indicadores  $i$  obtenidos a partir de un estudio de microzonificación sísmica urbana y  $\delta H_i$  el factor de participación de cada indicador  $i$ , para cada área de análisis  $k$ ; y el descriptor de la vulnerabilidad del contexto se propone como:

$$VS_k = EV_k \cdot \delta E_k + FV_k \cdot \delta F_k + RV_k \cdot \delta R_k \quad (3.1.5)$$

donde  $EV_k$ ,  $FV_k$ ,  $RV_k$  son indicadores de exposición, fragilidad social y falta de resiliencia y  $\delta E_k$ ,  $\delta F_k$  y  $\delta R_k$  son sus factores de participación para cada área de análisis  $k$ . La ecuación anterior puede reescribirse en la siguiente forma equivalente:

$$VS_k = \left( \sum_i X_{Ei} \cdot \delta E_i \right) \delta E_k + \left( \sum_i X_{Fi} \cdot \delta F_i \right) \delta F_k + \left( \sum_i X_{Ri} \cdot \delta R_i \right) \delta R_k \quad (3.1.6)$$

siendo  $X_{Ei}$ ,  $X_{Fi}$  y  $X_{Ri}$  los valores de los indicadores  $i$  que componen la exposición, fragilidad social y falta de resiliencia y  $\delta E_i$ ,  $\delta F_i$  y  $\delta R_i$  la participación de cada indicador  $i$  para cada área de análisis  $k$ , respectivamente.

Los índices, descriptores, factores e indicadores deben definirse con base en información disponible que exista para todas las unidades de análisis. Conceptualmente deben expresar, de la manera más directa posible, lo que se quiere valorar y debe evitarse el uso simultáneo de variables o indicadores que reflejen aproximadamente el mismo aspecto, dado que en el modelo aditivo se supone que las variables son mutuamente excluyentes (Cardona, 2001).

Sin embargo el trabajo de Carreño *et al.* (2004, 2007) se eliminan los procesos de normalización, utilizando la media y desviación estándar, para cada descriptor y cada índice calculado, haciendo que los resultados obtenidos sean absolutos y no relativos, permitiendo la comparación entre ciudades diferentes. En este método, la amenaza y exposición física han sido eliminadas debido a que se considera que están contempladas dentro del cálculo del riesgo físico, de esta forma el modelo complementado es más sólido teórica y analíticamente (Carreño, 2007). De esta forma se aplica la siguiente ecuación para obtener el riesgo total:

$$R_T = R_F(1 + F) \quad (3.1.7)$$

Esta expresión se conoce como la ecuación de Moncho<sup>1</sup>, donde  $R_T$  es el riesgo total,  $R_F$  es el riesgo físico y  $(1+F)$  es un factor de impacto –que se basa en el coeficiente de agravamiento  $F$ – que depende de la fragilidad socio-económica,  $FS$ , y de la falta de resiliencia del contexto,  $FR$ .

En general, el procesamiento de los datos para llegar al riesgo total sería el siguiente:

---

<sup>1</sup> Esta denominación se la dio un grupo de expertos en uno de los talleres de trabajo del proyecto BID-IDEA, realizado en Barcelona en noviembre de 2003.

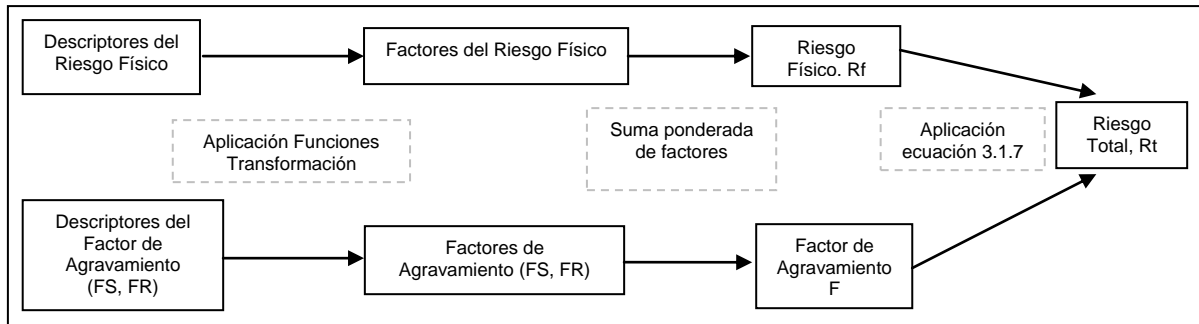


Figura 3.1 Esquema del proceso de cálculo del IRU

### Unidad de análisis

Los indicadores de riesgo físico y el factor de agravamiento se aplican a unidades territoriales, político-administrativas, o de cualquier otro tipo, que permitan la obtención de información y la comparación para la toma de decisiones y gestión para la inversión. En el caso de Manizales se trabajó con indicadores por comunas.

### Riesgo físico

El riesgo físico  $R_F$  se evalúa primero generando escenarios de riesgo, para cada posible fuente sísmica que podría afectar la ciudad, los cuales permiten tener información de los posibles daños, para determinar el área destruida probable en la ciudad. A partir de esta área destruida se pueden obtener otros descriptores, y sus valores brutos son normalizados utilizando unas funciones de transformación, obteniendo los factores de riesgo físico  $F_{RFi}$ . Consecuentemente, dichos factores y, por lo tanto, el riesgo físico  $R_F$ , toma valores entre 0 y 1.

En la tabla 3.1 se encuentran los descriptores y unidades para el riesgo físico, adaptados y ajustados para la ciudad de Manizales.

Tabla 3.1 Descriptores de riesgo físico, sus unidades e identificadores

Descriptor		Unidades
$X_{RF1}$	Muertos	Número de muertos cada 1,000 hab.
$X_{RF2}$	Heridos	Número de heridos cada 1,000 hab.
$X_{RF3}$	Personas sin vivienda	Número de personas sin vivienda cada 1,000 hab.
$X_{RF4}$	Personas sin trabajo	Número de personas sin trabajo cada 1,000 hab.
$X_{RF5}$	Área residencial destruida	% (área destruida / área construida)
$X_{RF6}$	Área industrial, de salud y otros destruida	% (área destruida / área construida)

## Coeficiente de agravamiento

El coeficiente de agravamiento o impacto indirecto,  $F$ , está constituido por dos tipos de factores: de fragilidad social, y de falta de resiliencia. La fragilidad social la constituyen indicadores socio-económicos de características que pueden afectar negativamente una comunidad, como mortalidad, delincuencia, disparidad social. Por su parte la falta de resiliencia tiene en cuenta el inverso de indicadores positivos para una comunidad, relacionados con la capacidad de respuesta que puede tener la misma ante un desastre. De esta forma el factor de agravamiento,  $F$ , se obtiene de la suma ponderada de los factores por fragilidad social,  $F_{FSi}$ , y por falta de resiliencia,  $F_{FRj}$ , en donde cada uno de estos factores utiliza pesos  $w_{FSi}$  y  $w_{FRj}$  que toman en consideración su importancia relativa (ver ecuación 3.1.8).

$$F = \sum_i F_{FSi} \cdot w_{FSi} + \sum_j F_{FRj} \cdot w_{FRj} \quad (3.1.8)$$

Los factores de fragilidad social y falta de resiliencia son calculados también mediante funciones de transformación, que relacionan los valores brutos de las variables o descriptores que los representan con los valores correspondientes del agravamiento. El peso,  $w_{FS}$  o  $w_{FR}$  de cada factor de  $F_{FSi}$  y  $F_{FRj}$  se asignó de acuerdo a la importancia considerada de cada uno. La suma de los pesos  $w_{FS}$  y  $w_{FR}$  es 1.

De acuerdo con Carreño et al, 2005, y Cardona et al, 2005, se estima que el impacto indirecto de un evento,  $F$ , puede llegar a ser igual al impacto directo. “Según la Comisión Económica para América Latina, CEPAL, se estima que los efectos económicos indirectos de un desastre natural dependen del tipo de fenómeno. Si se trata de desastre “húmedo” (por ejemplo, causado por una inundación) los efectos económicos indirectos podrían llegar a ser del orden de 0.5 a 0.75 veces los efectos directos. En el caso de un desastre “seco” (por ejemplo, un sismo), los efectos indirectos podrían llegar a ser del orden de 0.75 a 1.0 veces los efectos directos. La diferencia radica en el tipo de daños que ocasionan (destrucción de cultivos, de medios de sustento, infraestructura, vivienda, etc.). Esto significa que el impacto total podría ser del orden de 1.5 y 2.00 veces el impacto directo. En este caso se utiliza como máximo para el impacto indirecto el valor del impacto directo, lo que se ve reflejado en la ecuación 2, donde el coeficiente de agravamiento  $F$  toma un valor final entre 0 y 1<sup>2</sup>” (Cardona et al, 2005; Carreño, et al., 2004, 2005a, 2005b, 2006).

---

<sup>2</sup> Es importante indicar que la relación entre impacto directo e indirecto que se menciona se refiere a estimaciones gruesas de efectos económicos directos e indirectos. No existe un estudio que relacione empíricamente los coeficientes de agravamiento aquí propuestos con los efectos económicos indirectos; sin embargo, dichos indicadores son un *proxy* de los aspectos que agravan la situación en caso de presentarse el daño físico, contribuyendo al impacto socioeconómico indirecto que en este caso se valora con fines de evaluaciones relativas.

Las variables o descriptores de agravamiento (fragilidad social y falta de resiliencia) y sus unidades se indican en la tabla 3.2, adaptados y ajustados para el caso de Manizales.

**Tabla 3.2 Descriptores de agravamiento, sus unidades e identificadores**

Aspecto	Descriptor		Unidades
<b>Fragilidad social</b>	$X_{FS1}$	Área de barrios marginales	Área barrios marginales / Área comuna
	$X_{FS2}$	Tasa de mortalidad	Número de muertos cada 10,000 hab.
	$X_{FS3}$	Tasa de delincuencia	Número de delitos cada 100,000 hab.
	$X_{FS4}$	Índice parcial de disparidad social	Índice entre 0 y 1
	$X_{FS5}$	Densidad de la población	Hab. / Km <sup>2</sup> de área construida
<b>Falta de resiliencia</b>	$X_{FR1}$	Camas hospitalarias	Número de camas cada 1,000 hab
	$X_{FR2}$	Recurso humano en salud	Recurso humano en salud cada 1,000 hab
	$X_{FR3}$	Espacio público	Área de espacio público/ Área total
	$X_{FR4}$	Personal de socorro	Personal de socorro cada 10,000 hab
	$X_{FR5}$	Nivel de desarrollo de la localidad	Área barrios estratos altos/ Área comuna
	$X_{FR6}$	Participación comunitaria	Número de Juntas de Acción Comunal

### Funciones de transformación

Las funciones de transformación que dan origen a los valores de los factores de riesgo físico y de agravamiento pueden ser entendidas como funciones de distribución de probabilidad o como las funciones de pertenencia de la calificaciones lingüísticas alto riesgo o alto agravamiento (Carreño, 2007). En el caso del riesgo, la mayoría de estas funciones –que tendrían un papel normativo o referencial– podrían adoptar formas sigmoidales, dado que se considera que son las formas más apropiadas y que se han utilizado ampliamente en la estimación de la vulnerabilidad física. En estas figuras se indican, en la parte inferior de cada curva, los valores máximos y mínimos a partir de los cuales el factor toma el valor máximo o mínimo (1 ó 0). Los valores límites se determinaron teniendo en cuenta información de desastres causados por fenómenos naturales anteriores y apreciaciones de expertos (Carreño, 2007). Para los descriptores de falta de resiliencia la curva tiene una inversa, ya que parte de 1 y llega a 0, cambiando los valores de los indicadores positivos al inverso, en donde entre mayor es el valor inicial menor es el factor de falta de resiliencia. También los indicadores relacionados con el nivel de desarrollo y de participación comunitaria, se suponen con una relación lineal, los cuales para el caso de Manizales fueron adaptados y ajustados.

En el *eje x* de las curvas están los valores de los descriptores y en el *eje y* el respectivo factor de riesgo o agravamiento. A continuación se muestra un ejemplo de la forma de la gráfica para el riesgo físico, para la fragilidad social y para la falta de resiliencia. Las gráficas de las funciones de transformación y sus ecuaciones, para cada indicador, se encuentran en el Anexo 1.

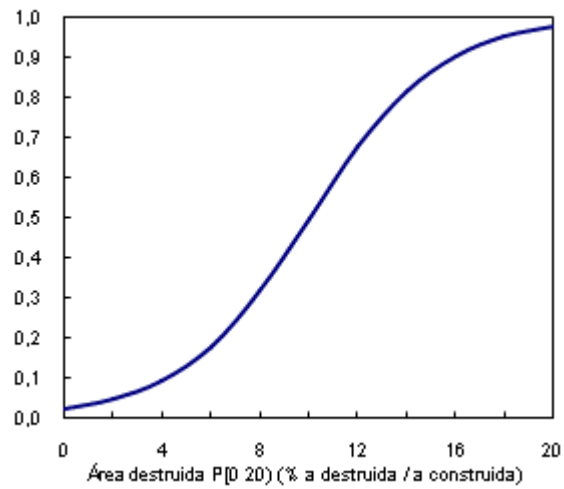


Figura 3.2 Riesgo Físico. Función de transformación para el área destruida

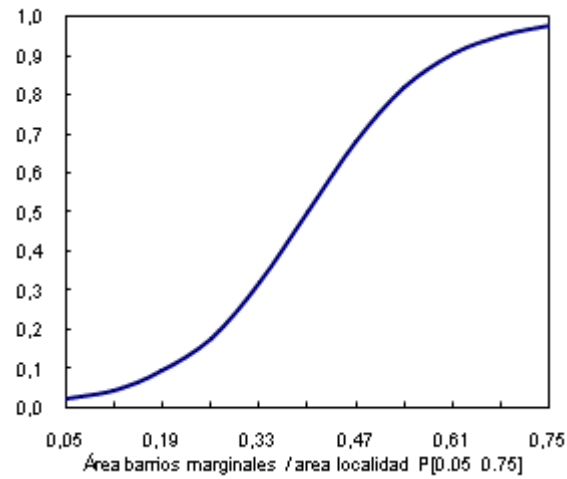


Figura 3.3 Fragilidad Social. Función de transformación para el área barrios marginales

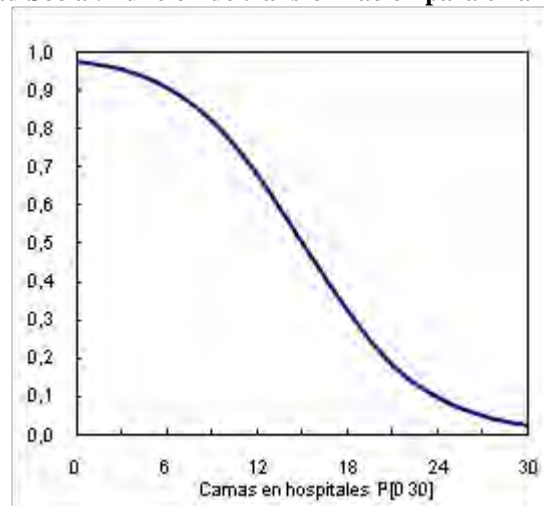


Figura 3.4 Falta de resiliencia. Función de transformación para camas en hospitales

En conclusión, el modelo de cálculo general del IRU se podría entender, como se observa en la figura 3.5:

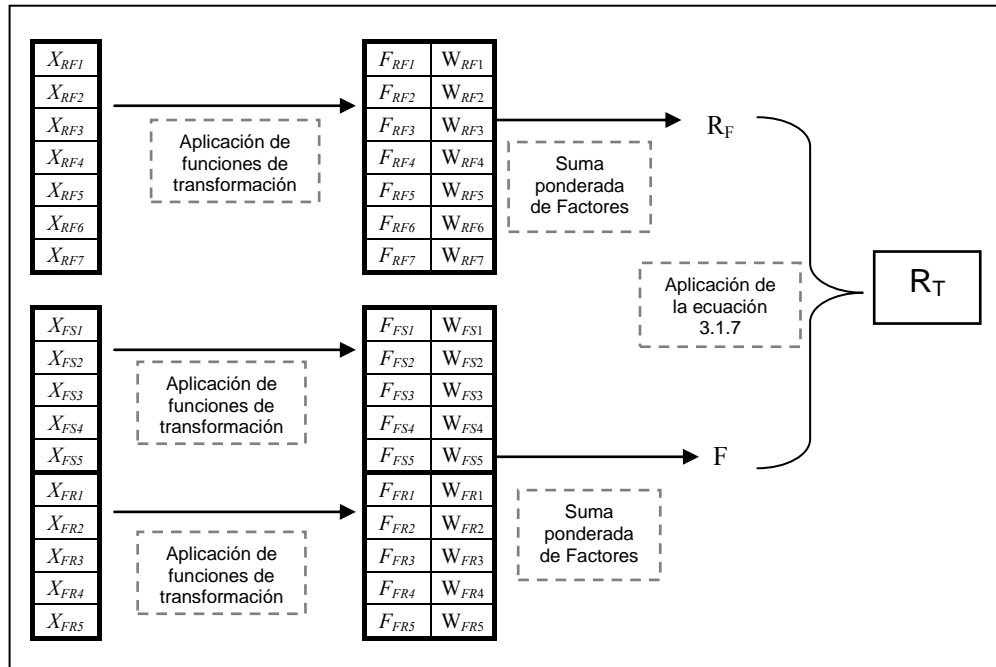


Figura 3.5 Esquema de cálculo del IRU

### 3.2 EL ÍNDICE DE GESTIÓN DE RIESGOS, IGR

El objetivo del Índice de Gestión de Riesgo, IGR, es la medición del desempeño de la gestión del riesgo. Se parte de una medición cualitativa de la gestión con base en unos niveles preestablecidos o referentes deseables hacia los cuales se debe dirigir la gestión del riesgo, según sea su grado de avance. Esto significa que el IGR se fundamenta en la definición de una escala de niveles de desempeño o una “distancia” con respecto a ciertos umbrales objetivo, o al desempeño obtenido por un país o una ciudad líder considerada como el referente (Carreño, 2007; Carreño et al, 2004, 2005c; Cardona et al, 2005). Para la formulación del IGR se tiene en cuenta cuatro aspectos o componentes de la política pública en gestión del riesgo:

- a) Identificación del riesgo, IR
- b) Reducción del riesgo, RR
- c) Manejo de desastres, MD
- d) Gobernabilidad y Protección financiera, PF

Luego, el IGR es obtenido del promedio de cuatro indicadores compuestos (Carreño et al, 2004; Cardona et al, 2005), representado en la ecuación 3.2.3 y en la figura 3.6:

$$IGR = (IGR_{IR} + IGR_{RR} + IGR_{MD} + IGR_{PF}) / 4 \quad (3.2.1)$$



Los subíndices de condiciones de gestión de riesgo para cada tipo de política pública (IR, RR, MD, PF) se obtienen de la ecuación 3.2.2,

$$IGR'_{c(IR,RR,MD,PF)} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i I'_{ic}}{\sum_{i=1}^N w_i} \Big|_{(IR,RR,MD,PF)} \quad (3.2.2)$$

donde,  $w_i$  es el peso asignado a cada indicador,  $I'_{ic}$  corresponde a cada indicador para la unidad territorial en consideración  $c$  y el período  $t$  –normalizado u obtenido de la desfusificación de las valoraciones lingüísticas– que representan los niveles de desempeño de la gestión de riesgo definidos para cada política pública respectivamente. Dichas valoraciones lingüísticas, de acuerdo con la propuesta de Cardona (2001) y Carreño (2001) equivalen a un conjunto difuso<sup>3</sup> que tienen una función de pertenencia tipo campana y sigmoïdal (en los extremos), dadas paramétricamente por las ecuaciones 3.2.3 y 3.2.4.

$$campana(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}} \quad (3.2.3)$$

donde el parámetro  $b$  es usualmente positivo

$$sigmoïdal(x; a, c) = \frac{1}{1 + \exp[-a(x - c)]} \quad (3.2.4)$$

donde  $a$  controla la pendiente en el punto de cruce, 0.5 de pertenencia,  $x = c$ .

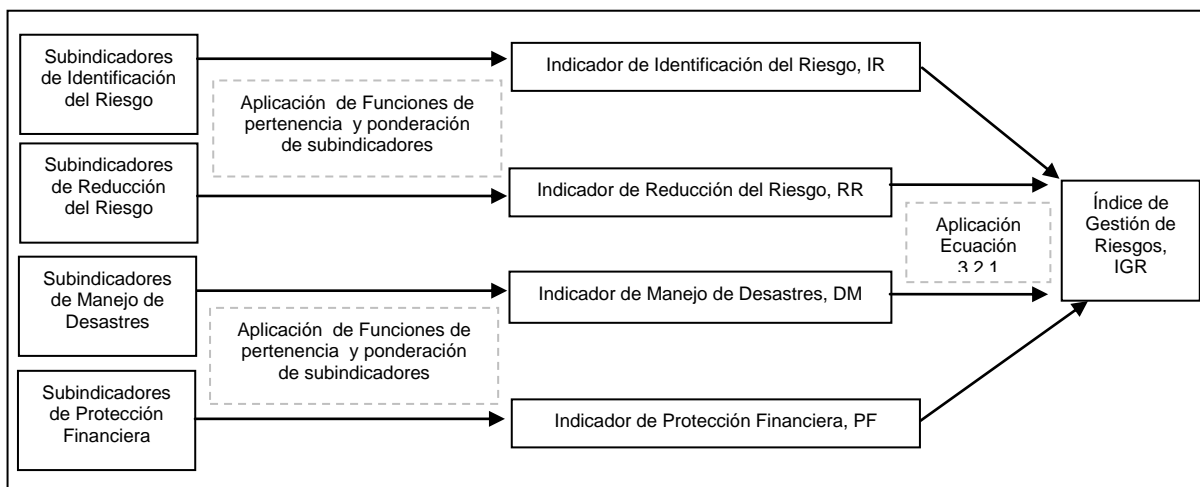


Figura 3.6 Esquema general del cálculo del IGR

<sup>3</sup> El conjunto difuso (*fuzzy set*)  $A$  en  $X$  puede definirse como  $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$  donde  $\mu_A(x)$  es la función de pertenencia para el conjunto difuso  $A$ . Esta función da para cada elemento de  $X$  un grado o valor de pertenencia en un intervalo entre 0 y 1, siendo 1 el valor para máxima pertenencia. Si el valor de esta función se restringiera solamente a 0 y 1, se tendría un conjunto clásico, o no-difuso.

## Subindicadores

Para cada indicador de política pública hay seis subindicadores componentes que caracterizan el desempeño de la gestión del riesgo. La valoración de cada subindicador utiliza cinco niveles de desempeño: *bajo*, *incipiente*, *apreciable*, *notable* y *óptimo* que corresponden a un rango de 1 a 5, siendo uno el nivel más bajo y cinco el nivel más alto. Este enfoque metodológico permite utilizar cada nivel de referencia simultáneamente como un “objetivo de desempeño” y por lo tanto facilita la comparación y la identificación de resultados o logros hacia los cuales los gobiernos deben dirigir sus esfuerzos de formulación, implementación y evaluación de cada componente de la política (Carreño et al, 2004; Cardona et al, 2005). Estos niveles de desempeño se establecen mediante consultas con expertos externos y representantes de las instituciones encargadas de la ejecución de la política pública en gestión de riesgos.

## Pesos

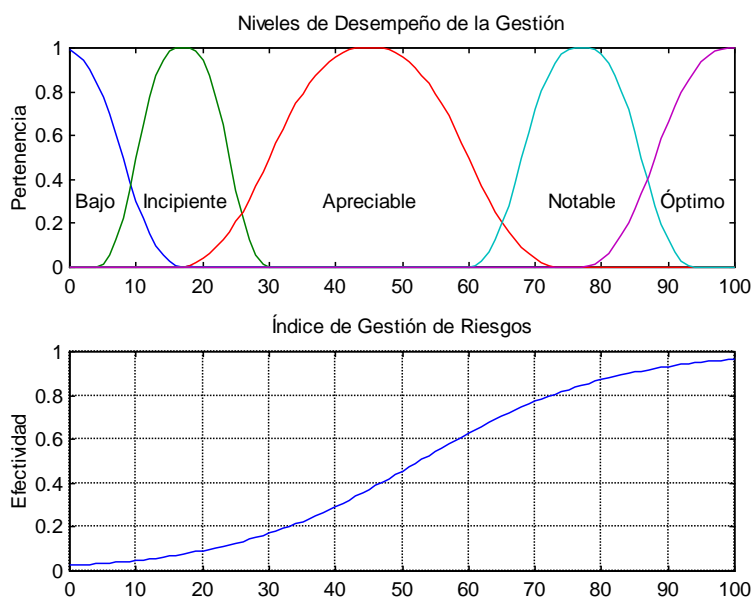
Adicionalmente, a cada subindicador se le asigna un peso ( $w_1, w_2, \dots, w_6$ ) que representa la importancia relativa de los aspectos que se evalúan en cada uno de los cuatro componentes de la política. Al igual que los niveles de desempeño, sus respectivos pesos se establecen mediante consultas con expertos externos y representantes de las instituciones (Carreño, et al, 2004; Cardona et al, 2005). Los pesos suman 1 o el 100% para cada política pública.

## Funciones de pertenencia

Para el procesamiento de las calificaciones se han definido funciones de pertenencia para conjuntos difusos que representan los niveles de calificación posibles para los subindicadores<sup>4</sup>. En la figura 3.7 se ilustran estas funciones en la gráfica superior. El desempeño de la gestión de riesgos lo definen estas funciones, cuyo resultado es la curva que se ilustra en la gráfica inferior, donde se indica el grado de efectividad de la gestión del riesgo según el nivel de desempeño obtenido con los diferentes subindicadores.

---

<sup>4</sup> Es posible estimar alternativamente el IGR como la suma ponderada (pesos) de valores numéricos fijos (1 a 5 por ejemplo), en vez de los conjuntos difusos de valoración lingüística, sin embargo esa simplificación elimina la no linealidad de la gestión del riesgo, obteniéndose resultados menos apropiados.



Fuente: Carreño et al, 2004

**Figura 3.7 Comportamiento de la gestión de riesgos y forma de las funciones para cada nivel de desempeño**

La grafica inferior de la figura 3.7, se ilustra que el aumento de la efectividad de la gestión de riesgo no es lineal; en un principio se tiene un menor progreso y en la medida que se logra una mayor gestión del riesgo, y se hace sostenible, el desempeño aumenta y mejora la efectividad. En un alto grado de desempeño, esfuerzos menores adicionales aumentan significativamente la efectividad. Por el contrario, pequeños logros en la gestión del riesgo se traducen en un desempeño despreciable y poco sostenible, por lo que sus resultados tienen poca o ninguna efectividad (Carreño et al, 2004; Cardona et al, 2005).

### Indicadores de identificación del riesgo

Como se estableció en el marco teórico, la identificación del riesgo hace referencia a la posibilidad de valorar, dimensionar y representar la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, tanto desde el punto de vista técnico y científico, como desde la percepción de la comunidad, para poder intervenirla. Los subindicadores que representan la identificación del riesgo, IR, establecidos en la metodología de Carreño, 2007; Carreño, et al, 2004, 2005c, y Cardona et al., 2005, son los siguientes:

- IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas
- IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico
- IR3. Evaluación amenazas a través de mapas
- IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo
- IR5. Información pública y participación comunitaria
- IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos

### **Indicadores de reducción del riesgo**

La reducción del riesgo es la política que ejecuta medidas tanto estructurales como no estructurales para disminuir los impactos de la amenaza o la vulnerabilidad presente en una comunidad. Los subindicadores que representan la reducción de riesgos, RR, en esta metodología, son los siguientes:

- RR1. Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación urbana
- RR2. Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental
- RR3. Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos
- RR4. Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos de áreas propensas
- RR5. Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción
- RR6. Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados

### **Indicadores de manejo de desastres**

El manejo de desastres representa la preparación y actuación durante y después de un desastre, por parte de las autoridades, organismos de socorro, instituciones y de la comunidad en general. Los subindicadores, para este modelo en cuestión, que representan la capacidad para el manejo de desastres, MD, son los siguientes:

- MD1. Organización y coordinación de operaciones de emergencia
- MD2. Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta
- MD3. Dotación de equipos, herramientas e infraestructura
- MD4. Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional
- MD5. Preparación y capacitación de la comunidad
- MD6. Planificación para la rehabilitación y reconstrucción

### **Indicadores de gobernabilidad y protección financiera**

La gobernabilidad y protección financiera para la gestión de riesgos, relacionada con la política pública de transferencia de riesgos, es fundamental para la sostenibilidad del desarrollo y el crecimiento económico del país. Implica, por una parte, la coordinación de diferentes actores sociales que necesariamente tienen diversos enfoques disciplinarios, valores, intereses y estrategias. Su efectividad está relacionada con el nivel de interdisciplinariedad e integración de las acciones institucionales y de participación social. Por otra parte, dicha gobernabilidad depende de la adecuada asignación y utilización de recursos financieros para la gestión y de la implementación de estrategias apropiadas de retención y transferencia de pérdidas asociadas a los desastres (Carreño et al, 2004; Cardona et al, 2005). Los indicadores que representan la gobernabilidad y protección financiera, PF, son los siguientes:

- PF1. Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada
- PF2. Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional

- PF3. Localización y movilización de recursos de presupuesto
- PF4. Implementación de redes y fondos de seguridad social
- PF5. Cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos
- PF6. Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado

En conclusión, el modelo de cálculo general del IGR se podría entender, como se observa en la figura 3.8:

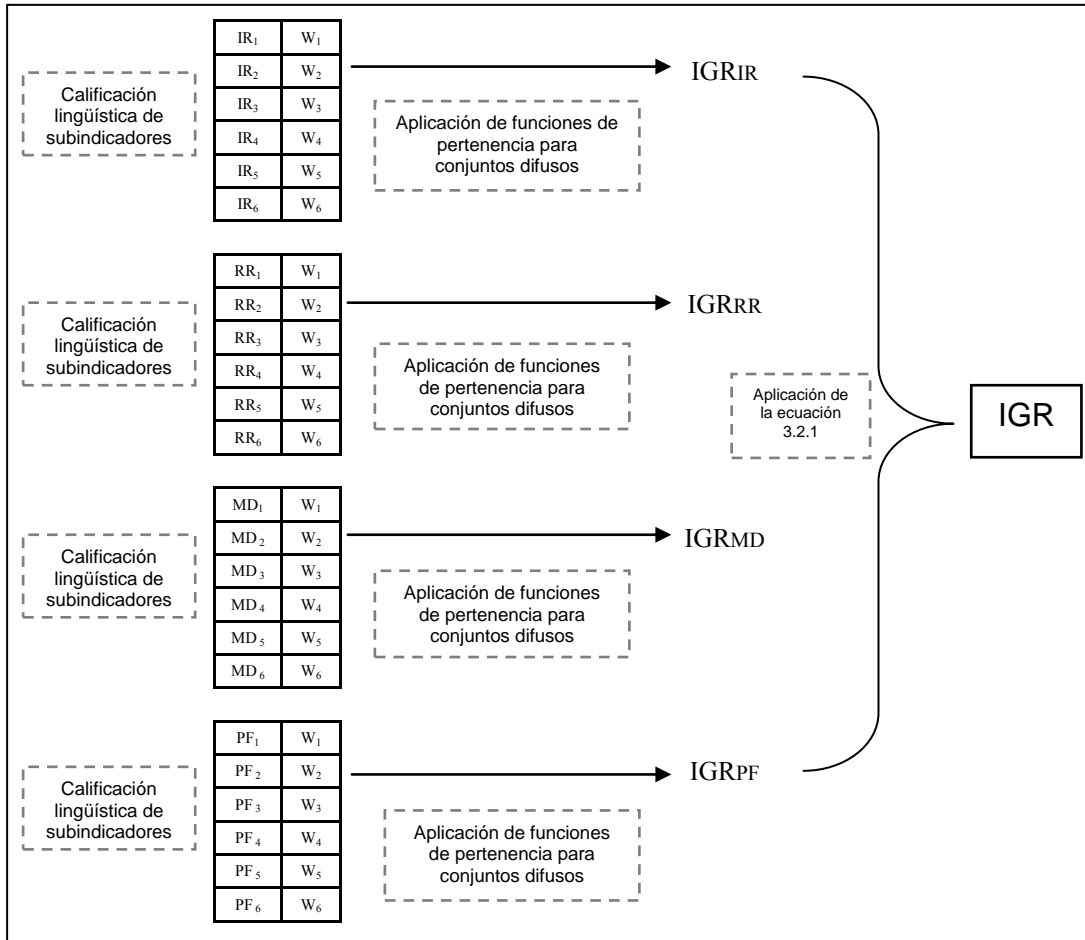


Figura 3.8 Esquema del proceso de cálculo del IGR

## CAPÍTULO 4. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO URBANO

La aplicación de la metodología del IRU, se hizo para el evento de sísmico, ya es el podría generar un escenario más catastrófico para Manizales. La unidad de análisis para los cálculos fue la unidad territorial de la comuna. Las comunas están comprendidas por un grupo de barrios.

Comunas de Manizales:

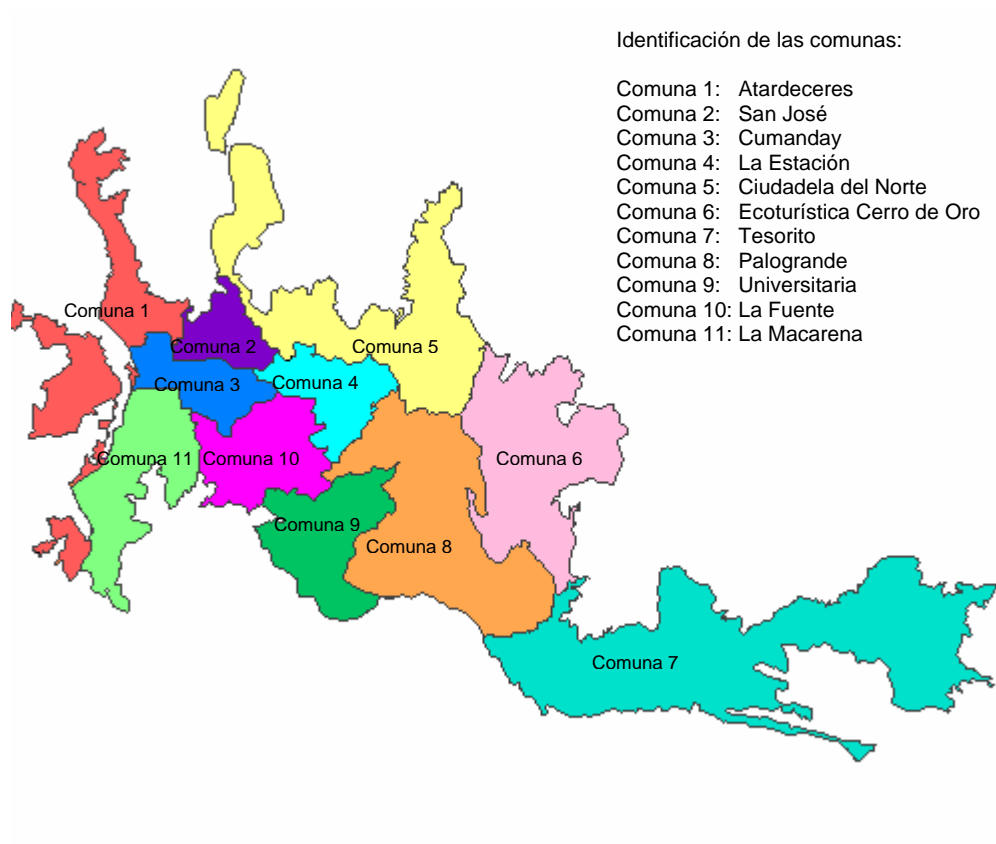
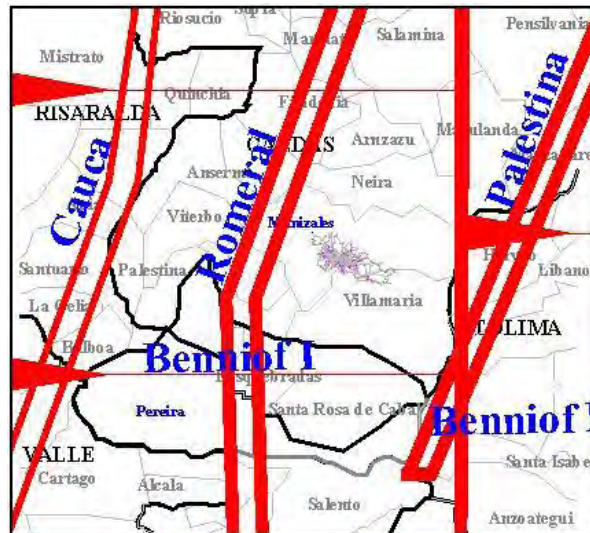


Figura 4.1 Comunas de Manizales

### 4.1 RIESGO FÍSICO

Con la información de la microzonificación sísmica (CEDERI, 2002), el Sistema de información sísmica de Manizales – SISMan v1.1.0, el estudio de la Estrategia de Protección Financiera de los Inmuebles Públicos y Privados del Municipio de Manizales (ERN, 2005), y el sistema de información geográfico para la referenciación de inmuebles públicos y la visualización de escenarios de riesgo: SISMan + Riesgo (ERN, 2005), se obtuvieron los escenarios de daños para cada fuente sísmica en Manizales, para las fallas de: Romeral, Murindó, Palestina y de las zonas Benioff.



Fuente: CEDERI-Alcaldía Manizales, 2002. Microzonificación Sísmica de Manizales.

**Figura 4.2 Distribución de los trazos de las fuentes que pueden generar sismos en la zona Andina**

Un breve resumen sobre el software SISMan y SISMan Riesgo se encuentra en el Anexo 2.

Adicionalmente la base de datos con la caracterización de los inmuebles de la ciudad, y de acuerdo al escenario de riesgo sísmico posible definido, el software permite estimar cuáles serían los posibles daños en las viviendas.

Variables que se obtienen de la aplicación del software son:

- Tipo de inmueble: lote, residencial, industrial, de salud, otros.
- Área total construida
- Valor catastral del inmueble
- Factor de colapso
- Tipo de construcción:
 

<ul style="list-style-type: none"> <li>Lotes o sin área construida</li> <li>Bahareque</li> <li>Mampostería confinada</li> <li>Pórticos de concreto + mampostería</li> <li>Pórticos de concreto + muros concreto</li> <li>Muros de concreto</li> <li>Pórticos de acero</li> <li>Bodegas luces medias</li> <li>Iglesias, coliseos y estadios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adobe o tapia pisada</li> <li>Mampostería simple</li> <li>Mampostería reforzada</li> <li>Pórticos de concreto+ divisiones ligeras</li> <li>Reticular cedulao</li> <li>Prefabricado de concreto</li> <li>Bodegas luces cortas</li> <li>Bodegas luces largas</li> <li>Mampostería semiconfinada</li> </ul>
---	---

La información anterior proporciona resultados sobre:

- Inmuebles afectados (edificaciones, viviendas y otro tipo): daños mayores o iguales al 20%

- Inmuebles destruidos (edificaciones, viviendas y otro tipo): daños mayores o iguales al 50%
- Área total afectada (edificaciones, viviendas y otro tipo): daños mayores o iguales al 20%
- Área total destruida (edificaciones, viviendas y otro tipo): daños mayores o iguales al 50%

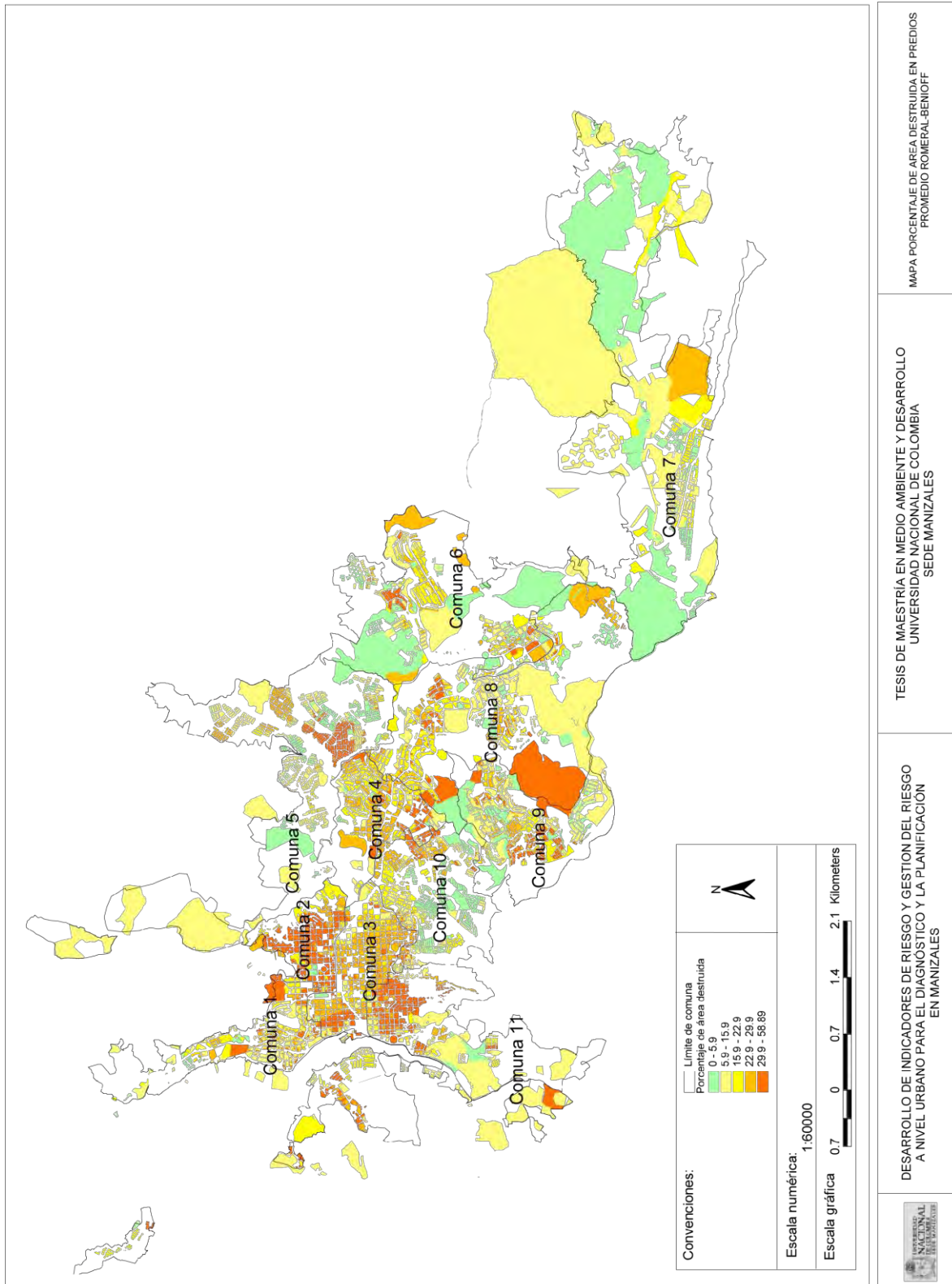
Los que permiten que se construyan los indicadores utilizados para el riesgo físico.

Para formular los indicadores de riesgo físico se tomaron como alternativas los resultados de los escenarios de daños de terremotos generados en las diferentes fallas que pueden afectar la ciudad. No obstante, los resultados obtenidos correspondían a un terremoto extremo de muy baja probabilidad de ocurrencia o a terremotos cuyos efectos serían despreciables. Por esta razón se identificó como referente un caso intermedio entre los efectos que causaría un terremoto intenso en la falla de Romeral y otro no tan intenso en la Zona de Benioff, que caracteriza a los eventos más frecuentes de subducción.

En el mapa que ilustra la figura 4.3 se puede observar el escenario de daños del promedio de los efectos causados por un terremoto en la falla de Romeral y en la Zona de Benioff.



Figura 4.3 Escenario de daños del promedio de los efectos causados por un terremoto en la falla de Romeral y en la Zona de Benioff



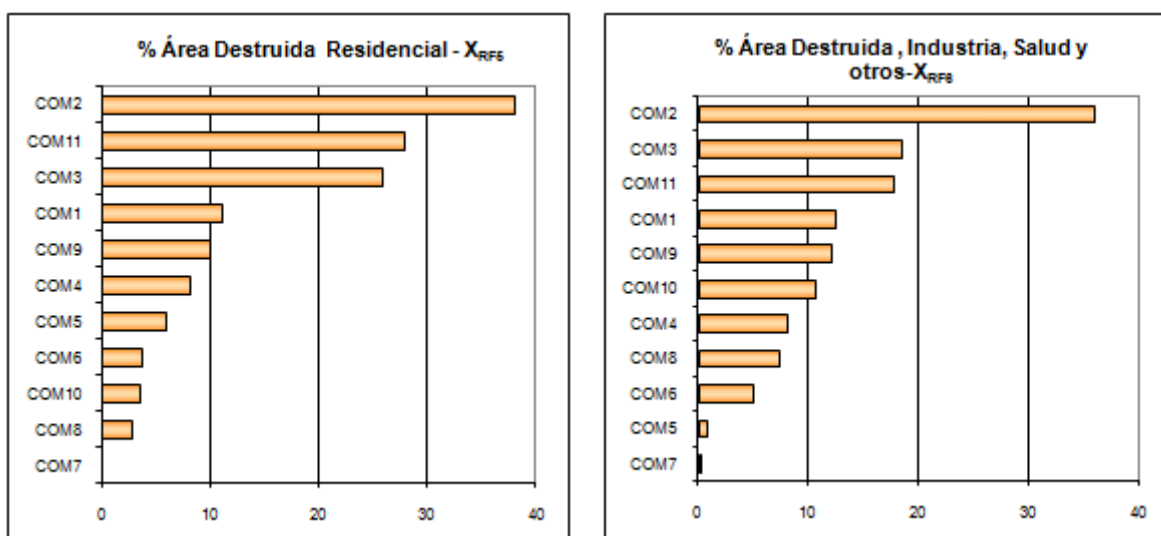
#### 4.1.1 Descriptores de Riesgo Físico

En la tabla 4.1 se tiene los valores de estos indicadores seleccionados para las once comunas de la ciudad de Manizales y posteriormente en las figuras 4.4 y 4.5 están los diagramas de barras ordenados de los mismos.

**Tabla 4.1 Valores de los descriptores de riesgo físico para las comunas de Manizales**

COMUNA	Muertos (por 1000 hab.)	Heridos (por 1000 hab.)	Personas sin vivienda (por 1000 hab.)	Personas sin trabajo (por 1000 hab.)	%área residencial destruida	%área industrial, salud y otros destruida
	$XR_{F1}$	$XR_{F2}$	$XR_{F3}$	$XR_{F4}$	$XR_{F5}$	$XR_{F6}$
Atardeceres (C.1)	5,6	12,3	130,0	107,5	11,07	12,43
San José (C.2)	8,0	14,2	388,4	256,6	38,07	35,92
Cumanday (C.3)	8,1	15,6	246,4	417,9	25,92	18,46
La Estación (C.4)	7,2	15,5	77,9	93,1	8,05	8,09
Ciudadela Norte (C.5)	0,4	1,8	45,5	0,4	5,97	0,75
Ec. Cerro de Oro (C.6)	2,9	6,1	32,0	23,6	3,74	5,00
Tesorito (C.7)	1,0	3,0	0,0	1,9	0,00	0,11
Palogrande (C.8)	18,8	22,7	20,2	176,9	2,67	7,22
Universitaria (C.9)	2,4	5,7	95,8	14,7	9,89	12,12
La Fuente (C.10)	1,5	3,7	37,3	12,3	3,56	10,63
La Macarena (C.11)	2,9	7,7	235,0	70,6	27,92	17,77

Para el área destruida, es evidente que la comuna 2, San José tendría el mayor porcentaje de en comparación con las demás comunas, lo que se mantiene para el área destruida residencial y el área destruida industrial, de salud y otros. Contrariamente la comuna 7, Tesorito, tendría un porcentaje prácticamente nulo.



**Figura 4.4 Valores de los descriptores de área destruida para las comunas de Manizales**

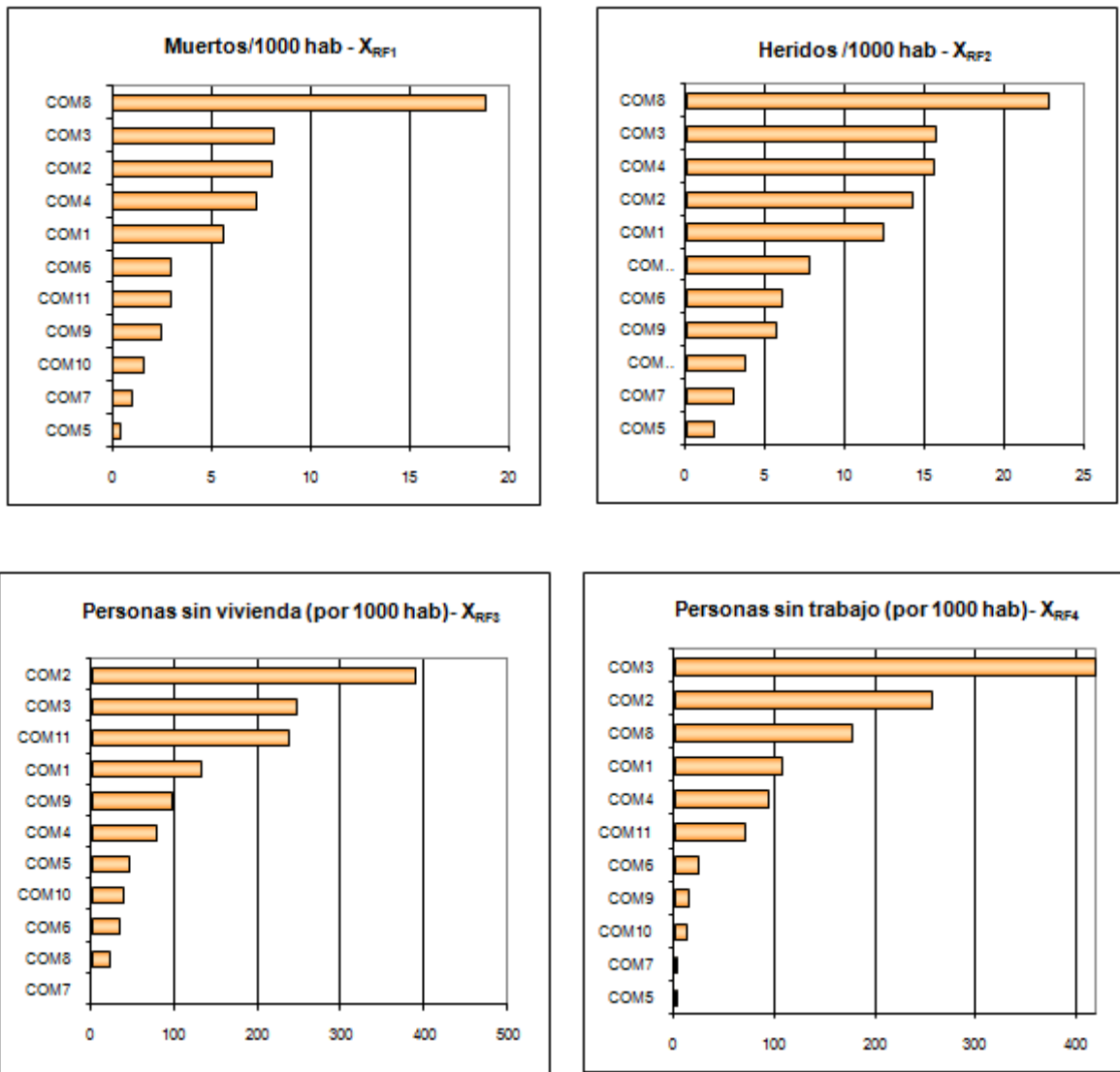


Figura 4.5 Valores de los descriptores de riesgo físico para las comunas de Manizales

En cuanto a las posibles personas muertas y heridas para el escenario planteado, la comuna 8, Palogrande, es la que presentaría un mayor número. La comuna 2 ya pasaría a un cuarto lugar, mientras que la comuna 7, estaría en el décimo lugar, y la comuna 6, Ecoturístico Cerro de Oro, tendría el menor número.

Finalmente para los indicadores de personas que podrían quedar sin vivienda y sin trabajo se puede observar claramente que la comuna 3, Cumanday, y la comuna 2, tendrían el mayor número, mientras que la comuna 7 y 6 se quedan en los últimos lugares.

Luego de tener los valores de los indicadores a estos se les aplica una función de transformación. La curva de transformación para cada indicador se encuentra en el Anexo 1. Este proceso permite que se obtengan valores entre 0 y 1.

Este procedimiento de transformación se hizo aplicando la ecuación de la función sigmoideal.

$$\text{Función Sigmoideal: } X' = \frac{1}{1 + e^{-\beta\left(\frac{X-m}{M-m}-\mu\right)}} \quad (4.1.1)$$

donde:

$X'$  = valor transformado

$X$  = valor bruto del descriptor

$\beta$ : constante que controla la pendiente, su signo define si la curva asciende o desciende

$m$ : valor mínimo de  $X$

$M$ : valor máximo de  $X$

$\mu$ : *crossover* o punto de cambio de curvatura

#### 4.1.2. Factores de Riesgo Físico

Los factores de riesgo físico se han obtenido utilizando la ecuación 4.1.1 y los parámetros de la tablas 4.2.

**Tabla 4.2 Parámetros para aplicar la función sigmoideal a los descriptores de riesgo físico**

	Muertos (por 1000 hab.)	Heridos (por 1000 hab.)	Personas sin vivienda (por 1000 hab.)	Personas sin trabajo (por 1000 hab.)	%área residencial destruida	%área industrial, salud y otros destruida
	$F_{RF1}$	$F_{RF2}$	$F_{RF3}$	$F_{RF4}$	$F_{RF5}$	$F_{RF6}$
Valor Máximo	50	75	500	300	20	20
Valor mínimo	0	0	0	0	0	0
Beta, $\beta$	7,80	7,72	8,08	7,90	7,57	7,57
Crossover, $\mu$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Los valores máximo, mínimo y el *crossover* para área residencial,  $X_{RF6}$  son los mismos que para el área destruida industrial, de salud y otros,  $X_{RF7}$ . Los valores para los factores de riesgo físico se presentan en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3 Factores de riesgo físico**

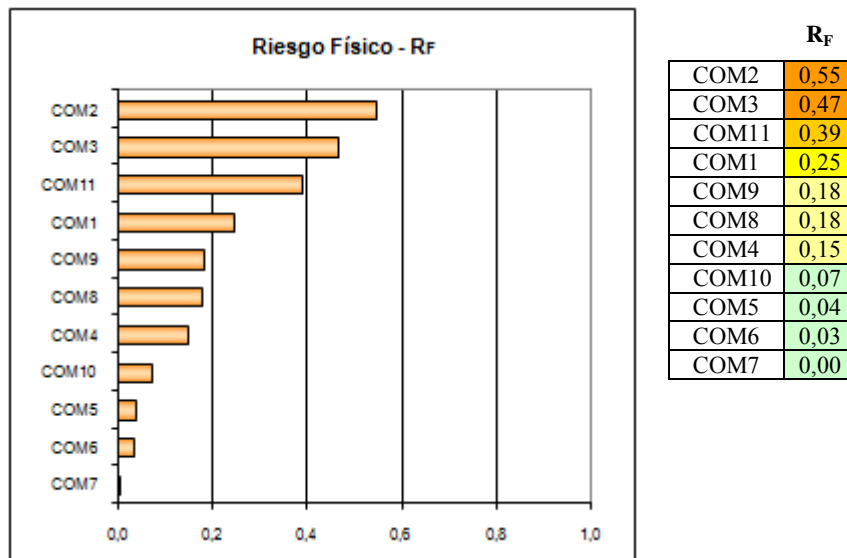
COMUNA	Muertos (por 1000 hab.)	Heridos (por 1000 hab.)	Personas sin vivienda (por 1000 hab.)	Personas sin trabajo (por 1000 hab.)	%área residencial destruida	%área ind., salud y otros destruida
	$F_{RF1}$	$F_{RF2}$	$F_{RF3}$	$F_{RF4}$	$F_{RF5}$	$F_{RF6}$
Atardeceres (C.1)	0,046	0,070	0,126	0,246	0,600	0,715
San José (C.2)	0,066	0,083	0,904	0,943	1,000	1,000
Cumanday (C.3)	0,067	0,095	0,485	0,999	0,998	0,961
La Estación (C.4)	0,059	0,094	0,058	0,183	0,324	0,327
Ciudadela Norte (C.5)	0,021	0,025	0,035	0,019	0,179	0,029
Ec. Cerro de Oro (C.6)	0,031	0,038	0,029	0,035	0,086	0,131
Tesorito (C.7)	0,023	0,028	0,017	0,020	0,022	0,023
Palogrande (C.8)	0,275	0,180	0,024	0,670	0,059	0,259
Universitaria (C.9)	0,029	0,036	0,076	0,028	0,489	0,690
La Fuente (C.10)	0,025	0,030	0,031	0,026	0,080	0,559
La Macarena (C.11)	0,031	0,044	0,440	0,110	0,999	0,950

Los pesos de cada factor fueron asignados de acuerdo con la importancia relativa de cada indicador y teniendo en cuenta la aplicación del IRU en otras ciudades, como Bogotá, Barcelona y Manila, en las cuales se hizo un análisis entre muchos interesados y se acordaron los pesos que se consideraron más representativos.

Tabla 4.4 Pesos para los factores de riesgo físico para Manizales

$R_F$	Pesos
$F_{RF1}$	25
$F_{RF2}$	22
$F_{RF3}$	18
$F_{RF4}$	5
$F_{RF5}$	20
$F_{RF6}$	10
TOTAL	100

El factor de área total destruida, está representado por el área destruida residencial,  $F_{RF5}$ , y la industrial, de salud y otros,  $F_{RF6}$ . Por su influencia en los daños y pérdidas que se derivan entre estos dos indicadores se asignó una importancia relativa del 30%. Los indicadores de número de personas muertas y heridas,  $F_{RF1}$  y  $F_{RF2}$ , también tienen un peso importante (47%), ya que estos indicadores están relacionados con la atención de la emergencia. Su peso es producto de la opinión de los organismos de socorro como de las entidades relacionadas con el tema de la administración pública.



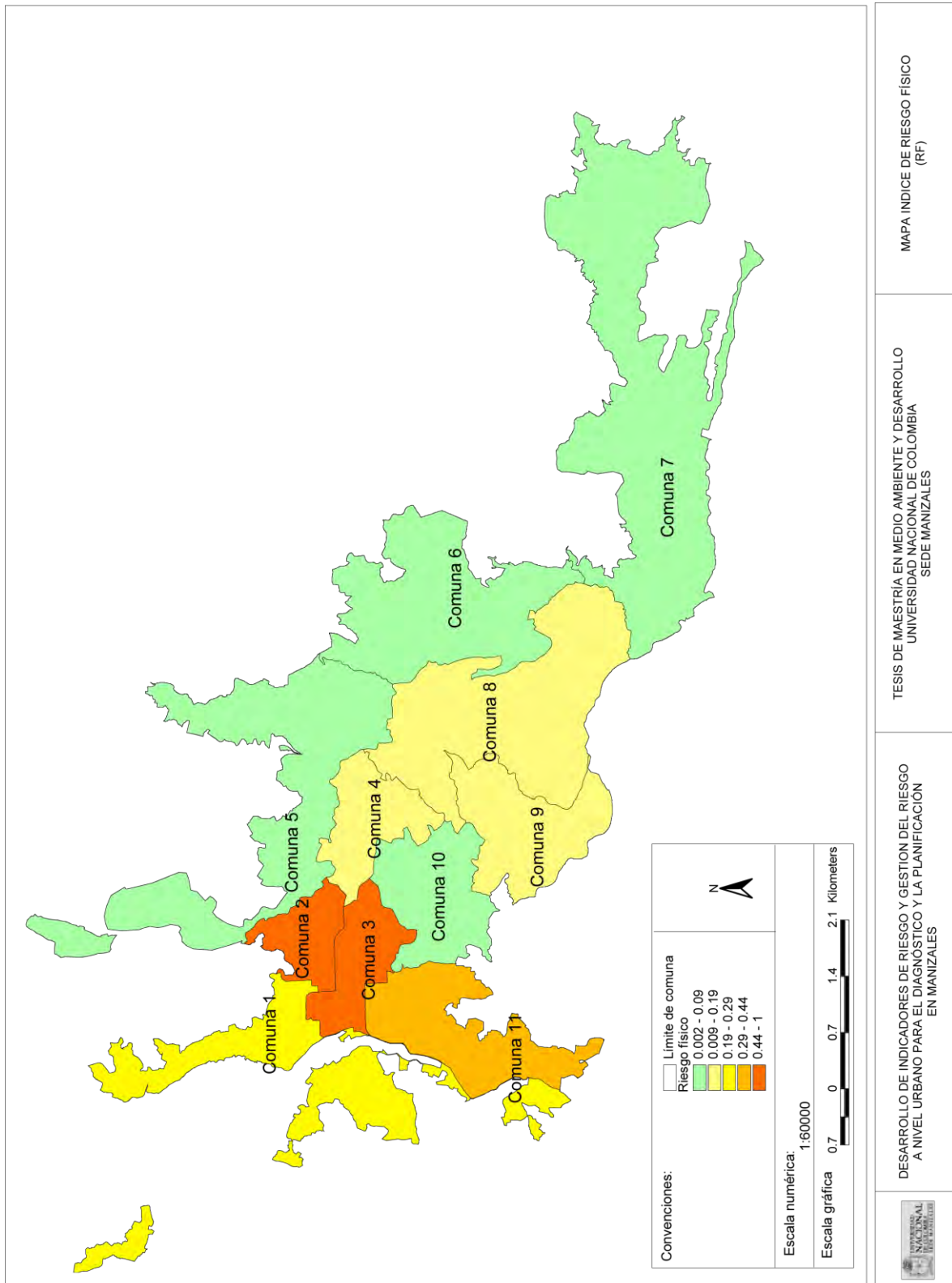
Rangos para el índice de Riesgo Físico, $R_F$	
Muy Alto	0.45 - 1.00
Alto	0.30 - 0.44
Medio-Alto	0.20 - 0.29
Medio-Bajo	0.10 - 0.19
Bajo	0.00 - 0.09

Figura 4.6 Índice de Riesgo Físico

Las personas sin vivienda,  $F_{RF3}$ , son también de especial importancia, dado que reflejan la cantidad de personas que necesitarían refugio u otros sitios para ubicarse en el momento de la crisis. Por último las personas sin trabajo,  $F_{RF4}$ , representan un impacto sobre la economía de la ciudad que podría dificultar la recuperación después del desastre. Con estos pesos y factores se calculó el índice de riesgo físico que se ilustra en la figura 4.6.

El índice de riesgo físico para la ciudad de Manizales se distribuye en diferentes rangos, desde calificaciones muy altas hasta bajas. Las comunas que se encuentran en un rango de riesgo físico Muy Alto son la 2 y la 3, San José y Cumanday respectivamente. Sigue la comuna 11, Macarena, en un rango Alto, y la comuna 1, Atardeceres, en un rango Medio-Alto. Luego se encuentran tres comunas en un rango Medio-Bajo: la 9, Universitaria, 8, Palogrande, y 4, La Estación; y por último en rango Bajo quedan cuatro comunas: 10, La Fuente, 5, Ciudadela Norte, 6, Ecoturística Cerro de Oro, y la comuna 7, Tesorito, con el menor riesgo físico. El mapa que se ilustra en la figura 4.7 presenta el índice de riesgo físico, donde se puede observar que la parte occidental de Manizales es la que presenta el mayor riesgo físico.

Figura 4.7 Mapa del índice de riesgo físico



MAPA INDICE DE RIESGO FISICO (RF)

TESIS DE MAESTRIA EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES

DESARROLLO DE INDICADORES DE RIESGO Y GESTION DEL RIESGO  
A NIVEL URBANO PARA EL DIAGNOSTICO Y LA PLANIFICACION  
EN MANIZALES



## 4.2 COEFICIENTE DE AGRAVAMIENTO

Los indicadores que conforman el factor de impacto fueron construidos a partir de información suministrada por el Centro de Información y Estadística, CIE; la Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres, OMPAD; la Secretaría de Planeación, la Secretaría de Salud, entre otros, de la Alcaldía de Manizales, en el 2006. Los datos referentes a áreas construidas por estratos y por comunas se obtuvo de la base de datos del programa SISMan + Riesgo.

### 4.2.1 Descriptores de Fragilidad Social

La fragilidad social está compuesta por los siguientes descriptores:

- *Área de barrios marginales*: se obtuvo a partir del área construida de estratos 1 y 2 (m<sup>2</sup>) y el área total construida en la comuna (m<sup>2</sup>).
- *Tasa de Mortalidad*: Se excluyó la mortalidad por infarto agudo del miocardio, homicidios y lesiones inferiores intencionales por otras personas, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, diabetes mellitas, otros accidentes, enfermedades cerebro vasculares, tumor maligno del estomago, neumonías, tumor maligno de hígado y vías biliares intrahepáticas, tumor maligno de bronquios y pulmón, tumor maligno de sitios no especificados, cardiomiopatía dilatada; para tomar mortalidad por el resto de enfermedades con el fin de reflejar posible afectación por malas condiciones de salubridad. La tasa de mortalidad utilizada es de cada 10.000 habitantes.
- *Tasa de Delincuencia*: Se seleccionaron los delitos que ilustran deterioro social y de la calidad de vida de la población de la comuna: homicidios, lesiones personales y hurto de personas, para cada comuna. El número de delitos se estandarizó en proporción a la población de cada comuna y por cada 100.000 habitantes.
- *Índice Parcial de Disparidad Social*: este indicador se obtuvo a partir de un indicador de condiciones de vivienda y un indicador del nivel educativo, por comuna, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Ind. Disp. Soc.} = \left[ \frac{(\text{Ind. Cond. Viv.}^2 + \text{Ind. Niv. Educ.}^2)}{2} \right]^{1/2}$$

Los detalles del desarrollo de este índice se encuentran en el Anexo 4.

- *Densidad de Población*: número de habitantes (CENSO 2005) / área comuna (km<sup>2</sup>).



En la tabla 4.5 se tiene los valores de estos descriptores de fragilidad social para las once comunas de la ciudad de Manizales.

**Tabla 4.5 Valores de los descriptores de fragilidad social para las comunas de Manizales**

COMUNA	Área Marginal /Área Total	Mortalidad (por 10.000 habitantes)	Delitos (por 100.000 habitantes)	Índice de Disparidad	Densidad de Población (Hab. / Km <sup>2</sup> )
	$X_{FS1}$	$X_{FS2}$	$X_{FS3}$	$X_{FS4}$	$X_{FS5}$
Atardeceres (C.1)	0,0586	3.081	1.160	0,189	8.516,72
San José (C.2)	0,4217	2.434	1.655	0,764	27.634,83
Cumanday (C.3)	0,0168	3.747	3.264	0,725	23.212,71
La Estación (C.4)	0,0005	1.789	1.041	0,053	14.279,86
Ciudadela Norte (C.5)	0,7802	2.372	562	0,710	12.670,11
Ec. Cerro de Oro (C.6)	0,0710	1.591	420	0,189	7.427,11
Tesorito (C.7)	0,0646	2.061	547	0,111	2.725,73
Palogrande (C.8)	0,0070	3.364	1.412	0,178	4.987,50
Universitaria (C.9)	0,3739	1.939	404	0,413	16.990,82
La Fuente (C.10)	0,2572	2.241	637	0,434	21.993,16
La Macarena (C.11)	0,2607	2.335	676	0,353	13.797,33

En los indicadores se puede apreciar que en general las comunas 2, San José, y 3, Cumanday, ocupan los primeros lugares, por sus valores altos, sin embargo para el área marginal la comuna 5, Ciudadela Norte tiene el mayor valor, además con una gran diferencia por encima de las comunas. En la mortalidad la comuna 8, Palogrande, también tiene un valor alto, por lo que ocupa un segundo lugar. En el caso de los delitos la comuna 3 tiene una gran ventaja con relación a las demás, casi del doble, en relación a la comuna 2 que ocupa el segundo puesto. Por su parte, para el índice parcial de disparidad social, las comunas 2, 3 y 5 ocupan los primeros lugares, muy por encima de las comunas 10, La Fuente, y 9, Universitaria. Los valores ordenados se pueden observar en la figura 4.8.

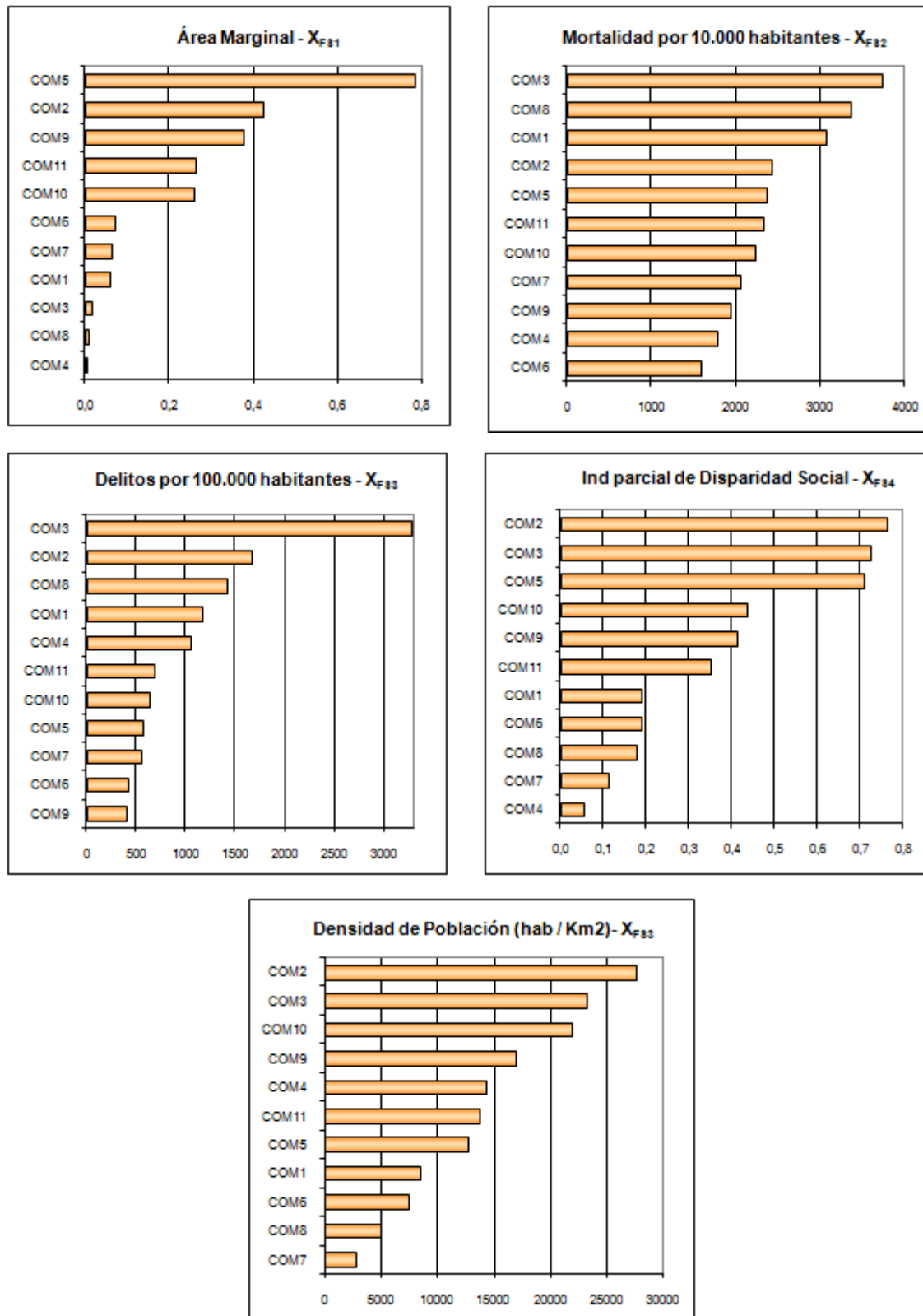


Figura 4.8 Valores de los descriptores de fragilidad social

El cálculo de los factores de fragilidad social se realizó utilizando la ecuación (4.1.1) y los parámetros de la tabla 4.6. El índice parcial de disparidad social,  $F_{FS4}$ , no tiene este procedimiento ya que la metodología de su cálculo hace que ya tenga un valor entre 0 y 1.

**Tabla 4.6 Parámetros para aplicar la función sigmoïdal a los descriptores de fragilidad social**

	Área Marg. /Área Total	Mortalidad (por 10.000 hab.)	Delitos ( por 100.000 hab.)	Índice de Disparidad	Dens. de Población (Hab. / Km <sup>2</sup> )
	$F_{FS1}$	$F_{FS2}$	$F_{FS3}$	$F_{FS4}$	$F_{FS5}$
Valor Máximo	0,75	4000	1400	1	25000
Valor mínimo	0,05	50	10	0	4000
Beta, $\beta$	7,57	7,57	7,49		6,87
Crossover, $\mu$	0,50	0,50	0,50		0,50

**Tabla 4.7 Factores de fragilidad social**

COMUNA	Área Marginal /Área Total	Mortalidad (por 10.000 hab.)	Delitos ( por 100.000 hab.)	Índice de Disparidad	Densidad de Población (Hab. / Km <sup>2</sup> )
	$F_{FS1}$	$F_{FS2}$	$F_{FS3}$	$F_{FS4}$	$F_{FS5}$
Atardeceres (C.1)	0,024	0,884	0,878	0,189	0,108
San José (C.2)	0,488	0,688	0,988	0,764	0,970
Cumanday (C.3)	0,016	0,965	1,000	0,725	0,900
La Estación (C.4)	0,014	0,390	0,800	0,053	0,396
Ciudadela Norte (C.5)	0,972	0,662	0,269	0,710	0,290
Ec. Cerro de Oro (C.6)	0,027	0,304	0,154	0,189	0,081
Tesorito (C.7)	0,026	0,519	0,255	0,111	0,022
Palogrande (C.8)	0,015	0,929	0,962	0,178	0,041
Universitaria (C.9)	0,371	0,460	0,144	0,413	0,592
La Fuente (C.10)	0,154	0,604	0,348	0,434	0,863
La Macarena (C.11)	0,159	0,646	0,395	0,353	0,363

#### 4.2.2 Descriptores de Falta de Resiliencia

La falta de resiliencia se compone por los siguientes descriptores:

- *Camas Hospitalarias*: El indicador se construyó utilizando la información de camas por institución, distribuyéndolas así: la mitad de las camas se atribuyen a la comuna donde se ubican, y la otra mitad se distribuyó para todas las comunas en proporción a la población de cada una. Adicionalmente, la información sobre centros de salud en las comunas permitió que se adicionaran otras camas hospitalarias a las comunas respectivas. El número de camas se tiene por cada 1.000 habitantes.
- *Recurso Humano en Salud*: Representado por personal médico, enfermeras y auxiliares enfermería. Se le dio el mismo tratamiento a la información que con el indicador anterior. El número de personas se tiene por cada 1.000 habitantes.
- *Espacio Público*: Para obtener el indicador se tuvieron en cuenta consideraciones del Plan de Ordenamiento Territorial, como el de espacio público permanente, el cual incluye las zonas verdes, parques, plazas y plazoletas; y el índice mínimo de espacio público efectivo, que debe ser de 15 m<sup>2</sup> por habitante. Se determinó el indicador de espacio público como el espacio público efectivo (m<sup>2</sup>) / área comuna (m<sup>2</sup>).

- *Personal de Socorro:* La OMPAD, tiene asignados los organismos de socorro para la atención de determinadas comunas de la ciudad, estos son: la Defensa Civil, que atiende las comunas 1 y 7; el Grupo de Búsqueda y Rescate, que atiende las comunas 3, 10 y 11; El Grupo Especial de Rescate, que atiende las comunas 2, 4, 5, 6 y 8, y Bomberos. Este último atiende toda la ciudad en general, por lo que la repartición de su personal se hizo dándole un valor adicional por ubicación, es decir se distribuyó un número de 15 bomberos adicionales a las comunas que cuentan con la estación de bomberos. El resto del personal se distribuyó proporcionalmente a la población de cada comuna. El indicador lo constituye el número de personas es por cada 10.000 habitantes.
- *Nivel de Desarrollo:* quiere representar de alguna forma el nivel económico de la comuna. Se obtuvo a partir del área construida (m<sup>2</sup>) de estratos altos (5 y 6) y el área total construida (m<sup>2</sup>) de la comuna. Se normalizó entre los valores máximo y mínimo obtenidos.
- *Operatividad en caso de Emergencia:* El director de la OMPAD evaluó a todas las comunas en 1 (rango entre 0 y 2), por lo que se decidió no utilizar este indicador, ya que no genera diferencia entre las comunas.
- *Participación Comunitaria:* Se utilizó como indicador el número de juntas de acción comunal en cada comuna, y luego se normalizó por población y por después se normalizó por el rango de datos.

En la tabla 4.8 se presentan los valores de estos indicadores para obtener la falta de resiliencia, para las once comunas de la ciudad de Manizales.

**Tabla 4.8 Valores de los descriptores de falta de resiliencia para las comunas de Manizales**

COMUNA	Camas (cada 1.000 hab.)	Recurso humano (cada 1.000 hab.)	Espacio público/ área total	Personal socorro (cada 10.000 hab.)	Nivel de Desarrollo	Participación Comunitaria
	X <sub>FR1</sub>	X <sub>FR2</sub>	X <sub>FR3</sub>	X <sub>FR4</sub>	X <sub>FR5</sub>	X <sub>FR6</sub>
Atardeceres (C.1)	8,5	1,02	0,020	19,4	0,0513	0,59073
San José (C.2)	1,1	0,60	0,010	3,5	0,0000	0,66072
Cumanday (C.3)	3,1	0,87	0,024	18,9	0,0007	0,33902
La Estación (C.4)	4,8	3,47	0,019	3,9	0,0695	0,56448
Ciudadela Norte (C.5)	1,4	0,52	0,010	2,2	0,0000	0,73291
Ec. Cerro de Oro (C.6)	1,1	0,32	0,003	3,2	0,0460	0,47965
Tesorito (C.7)	1,9	1,17	0,072	31,6	0,0236	0,65098
Palogrande (C.8)	4,4	0,51	0,026	9,8	0,4715	0,00000
Universitaria (C.9)	1,1	0,99	0,016	1,2	0,0000	0,92409
La Fuente (C.10)	1,1	0,45	0,018	9,2	0,0000	1,00000
La Macarena (C.11)	1,1	0,67	0,009	12,0	0,0084	0,89737

En las figuras 4.9 y 4.10 están los diagramas de barras ordenados de los mismos.

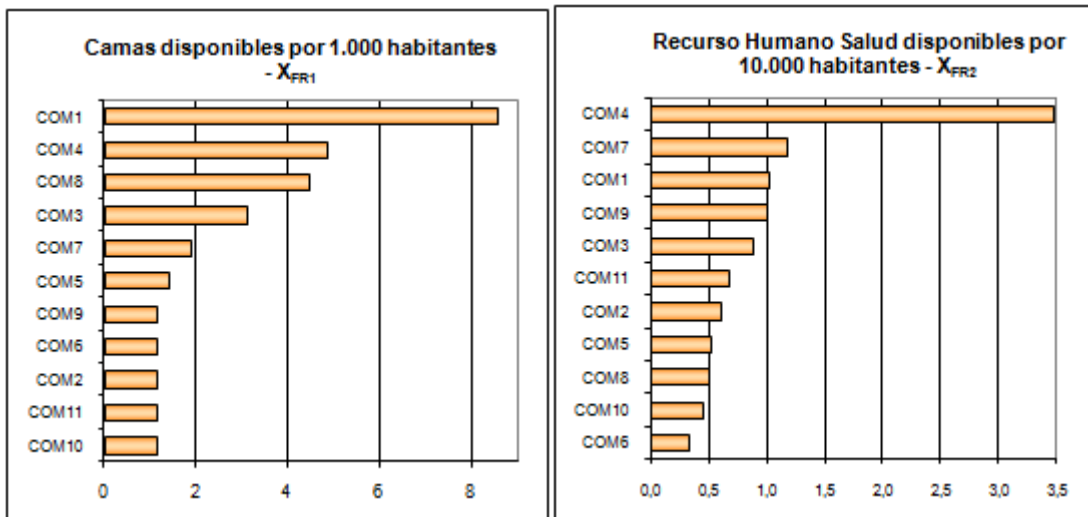


Figura 4.9 Valores de los descriptores relacionados con la salud en falta de resiliencia

Para el indicador de camas hospitalarias disponibles se ve claramente que la comuna 1, Atardeceres, tiene mayor número que las demás, con casi el doble que la comuna 4, La Estación, que ocupa el segundo lugar. La presencia de la Clínica del Seguro Social en la comuna 1 explica la gran diferencia, ya que tiene mayor capacidad de atención que las demás que operan actualmente en la ciudad. Por su parte para el recurso humano en salud es la comuna 4, la que tiene mayor cantidad de personas disponibles, superando cerca de tres veces la comuna 7, Tesorito, que está en el segundo puesto. Esto se presenta ya que en esta comuna hay varios centros médicos, como la Clínica de la Presentación, el Hospital Infantil y la Clínica Manizales, que cuentan con personal permanente para prestar los servicios de salud.

Para el espacio público, la comuna 7 tiene el mayor valor, superando las demás comunas en más de 3 veces, ya que cuenta con gran cantidad de zonas verdes, incluyendo 12 parques aproximadamente, y con urbanizaciones de tipo campestre, constituyendo un índice de espacio público (m<sup>2</sup> por habitante) de 26,48, el mayor de entre todas las comunas. En contraste las comunas 9, Universitaria; 6, Ecoturística Cerro de Oro; 2, San José; 11, La Macarena; y la 10, La Fuente, cuentan con valores mínimos de porcentaje de espacio público, ubicándose en los últimos lugares.

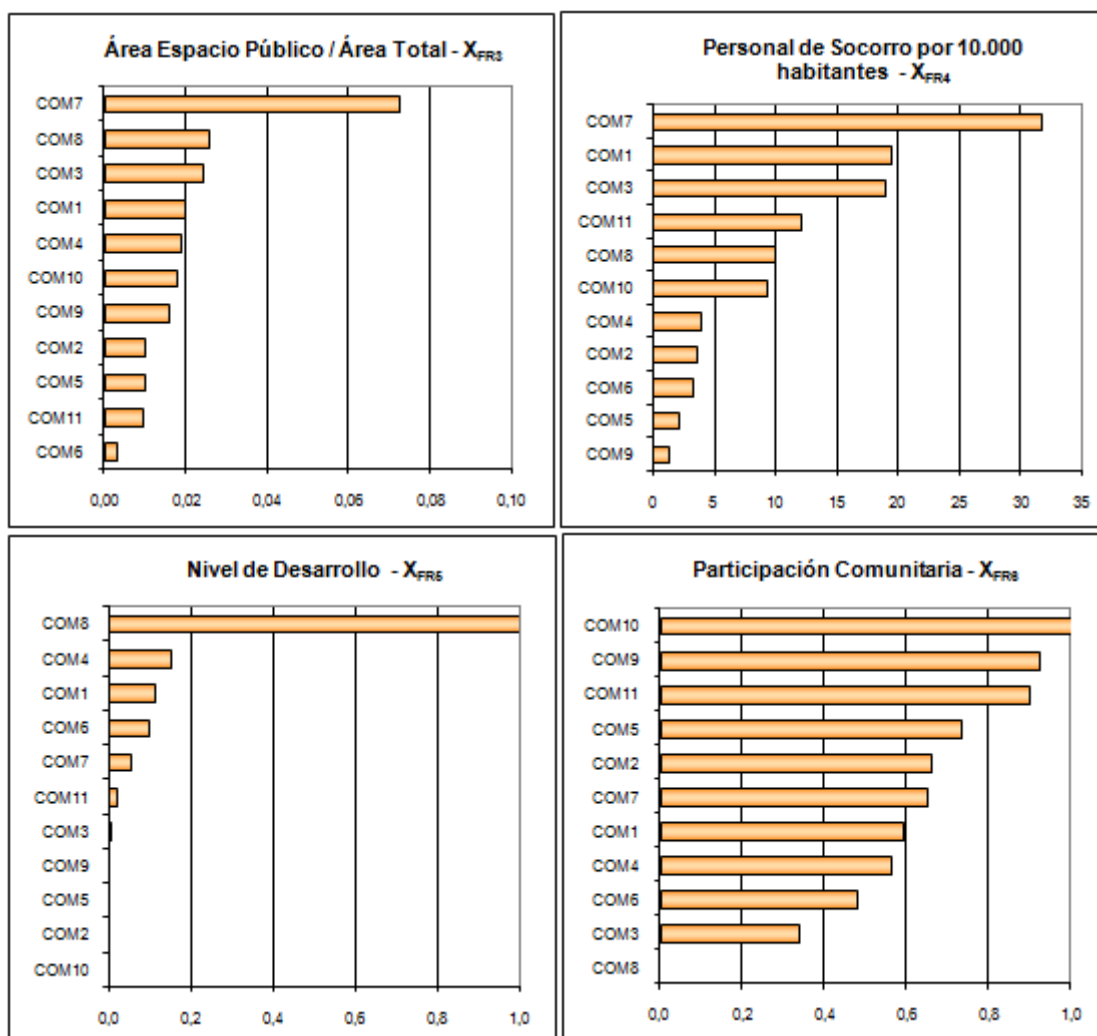


Figura 4.10 Valores de los descriptores de falta de resiliencia

El indicador de personal de socorro muestra que la comuna 7 es la que cuenta con mayor personal disponible, seguido por la comuna 1 y 3. La ventaja para la comuna 7 la representa la planeación de atención de la defensa civil y la ubicación de una estación de bomberos en la misma. Por otra parte, la comuna 9 tiene un bajo cubrimiento por el personal de socorro, evidenciado por ocupar el último lugar en la gráfica.

Para el nivel de desarrollo, el estrato 5 y 6 en las comunas en general no es representativo, o casi nulo. Solo para la comuna 8, Palogrande, el nivel de desarrollo es muy apreciable. Por último en cuanto a la participación comunitaria el fenómeno anterior se invierte, ya que la misma comuna 8 no tiene ninguna junta de acción comunal que le permita crear y gestionar programas comunitarios. No es el caso de las comunas 10, 9 y 11, que cuentan con 18, 14 y 12 juntas de acción comunal respectivamente.

Para aplicar las funciones de transformación a los descriptores, en el caso de falta resiliencia se debe tener en cuenta que estos representan características positivas con las que cuenta la ciudad y la localidad para atender o actuar en caso de un desastre. Sin embargo, al aplicar las funciones de transformación los factores de falta de resiliencia representan las carencias y debilidades de la comunidad. Por esta razón la curva tiene forma descendente (es decir que el valor de  $\beta$  es negativo en la ecuación 4.1.1).

Adicionalmente, los indicadores de nivel de desarrollo,  $F_{FR5}$ , y participación comunitaria fueron considerados como de variación lineal, por lo que no se les aplicó la misma función de transformación que a los demás, sino que simplemente se aplicó la ecuación simple de una línea recta con pendiente negativa.

**Tabla 4.9 Parámetros para aplicar la función sigmoideal a los descriptores de resiliencia**

	Camas (cada 1.000 hab.)	Recurso humano (cada 1.000 hab.)	Espacio públ./ área total	Personal socorro (cada 10.000 hab.)	Nivel de Desarrollo	Participación Comunitaria
	$F_{FR1}$	$F_{FR2}$	$F_{FR3}$	$F_{FR4}$	$F_{FR5}$	$F_{FR6}$
Valor Máximo	30	15	0,15	7		
Valor mínimo	0	0	0,01	0		
Beta, $\beta$	-7,58	-7,64	-7,63	-7,65		
Crossover, $\mu$	0,50	0,50	0,50	0,50		

Aplicando estos valores a la ecuación 4.1.1 se obtuvieron los factores de falta de resiliencia de la tabla 4.10.

**Tabla 4.10 Factores de falta de resiliencia**

COMUNA	Camas (cada 1.000 hab.)	Recurso humano (cada 1.000 hab.)	Espacio público/ área total	Personal socorro (cada 10.000 hab.)	Nivel de Desarrollo	Participación Comunitaria
	$F_{FR1}$	$F_{FR2}$	$F_{FR3}$	$F_{FR4}$	$F_{FR5}$	$F_{FR6}$
Atardeceres (C.1)	0,837	0,965	0,964	0,000	0,891	0,409
San José (C.2)	0,971	0,971	0,979	0,499	1,000	0,339
Cumanday (C.3)	0,953	0,967	0,954	0,000	0,999	0,661
La Estación (C.4)	0,929	0,886	0,966	0,380	0,852	0,436
Ciudadela Norte (C.5)	0,969	0,972	0,979	0,813	1,000	0,267
Ec. Cerro de Oro (C.6)	0,971	0,975	0,985	0,593	0,902	0,520
Tesorito (C.7)	0,965	0,962	0,603	0,000	0,950	0,349
Palogrande (C.8)	0,935	0,972	0,951	0,001	0,000	1,000
Universitaria (C.9)	0,971	0,965	0,970	0,923	1,000	0,076
La Fuente (C.10)	0,971	0,973	0,967	0,002	1,000	0,000
La Macarena (C.11)	0,971	0,970	0,979	0,000	0,982	0,103

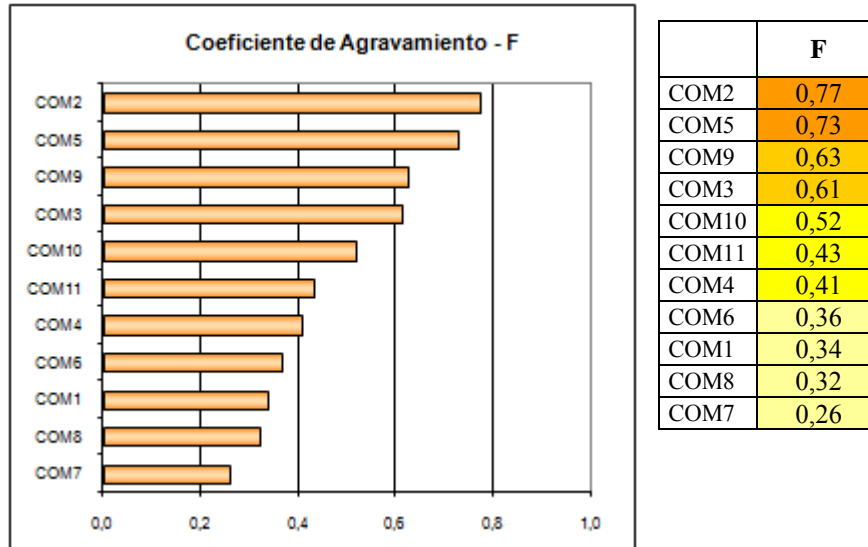
### 4.2.3 Factores del coeficiente de agravamiento

Los pesos de cada factor fueron asignados de acuerdo a la importancia relativa de cada indicador y teniendo en cuenta la aplicación del IRU en otras ciudades, como Bogotá, Barcelona y Manila.

Tabla 4.11 Pesos para los factores de fragilidad social y falta de resiliencia

F	Peso
F <sub>FS1</sub>	18
F <sub>FS2</sub>	4
F <sub>FS3</sub>	4
F <sub>FS4</sub>	18
F <sub>FS5</sub>	18
F <sub>FR1</sub>	6
F <sub>FR2</sub>	6
F <sub>FR3</sub>	4
F <sub>FR4</sub>	12
F <sub>FR5</sub>	5
F <sub>FR6</sub>	5
TOTAL	100

Los pesos para la fragilidad social son los mismos que se aplicaron a la ciudad de Bogotá, en Cardona et al, 2004 y Carreño, 2005, los que a su vez fueron obtenidos por el Procedimiento Analítico Jerárquico (PAJ). En el caso de la falta de resiliencia se le dio un valor más alto al Personal Socorro, F<sub>FR4</sub>, mientras que los otros 5 indicadores quedan con pesos muy similares, donde los indicadores de salud, F<sub>FR1</sub> y F<sub>FR2</sub>, son mayores, luego la participación comunitaria y el nivel de desarrollo, F<sub>FR6</sub> y F<sub>FR5</sub>, y por último el espacio público F<sub>FR3</sub>.



Rangos para el coeficiente de agravamiento, F	
Muy Alto	0.65 - 1.00
Alto	0.55 - 0.64
Medio-Alto	0.40 - 0.54
Medio-Bajo	0.20 - 0.39
Bajo	0.00 - 0.19

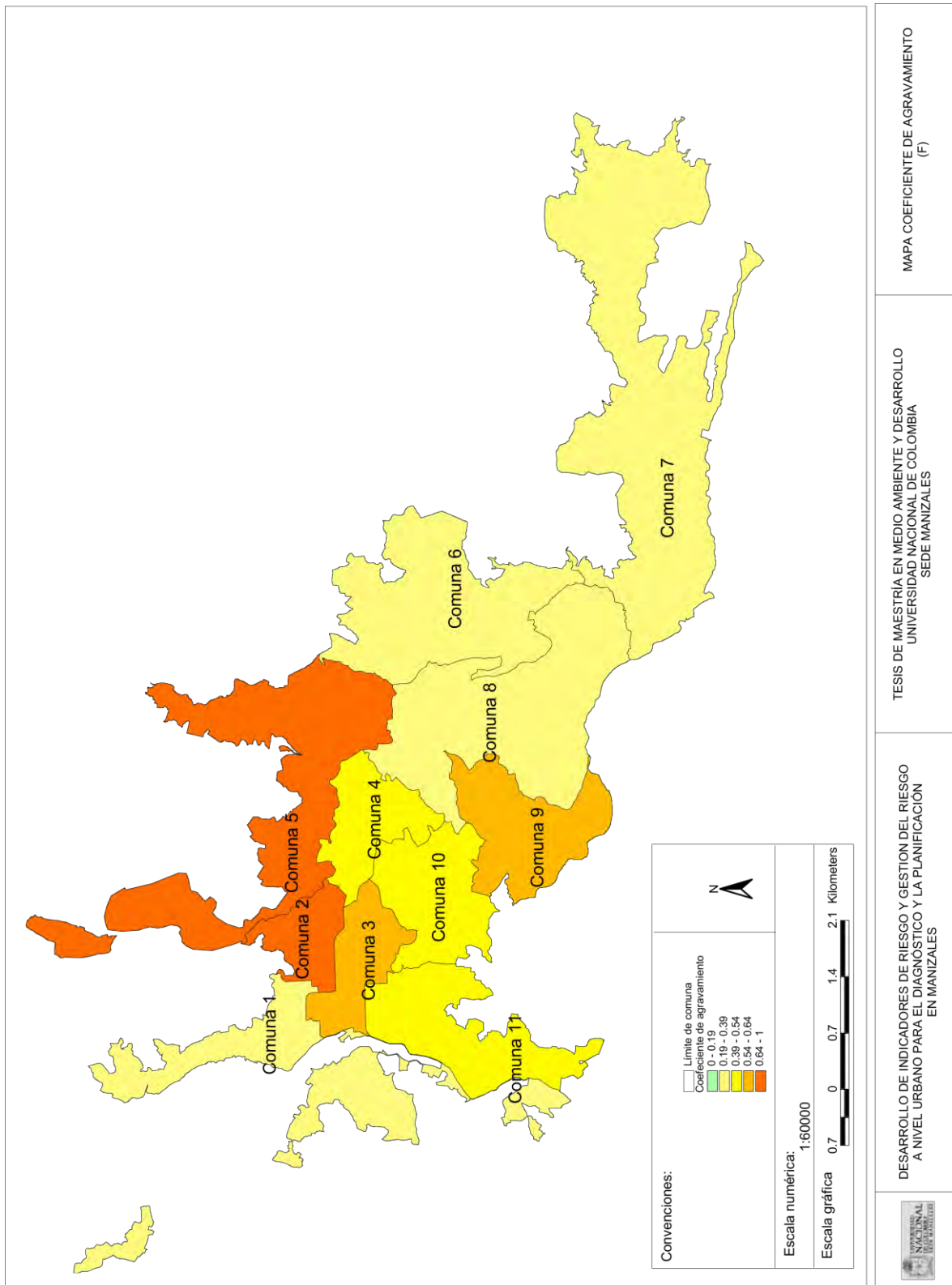
Figura 4.11 Coeficiente de Agravamiento



El coeficiente de agravamiento para Manizales no presenta valores para el rango Bajo para los resultados de las comunas. Por el contrario, siete de las once se encuentran en el rango Alto. Las comunas que se encuentran en un rango de agravamiento Muy Alto son la 2 y 5; en el rango Alto están la comuna 9 y 3, y en el rango Medio-Alto la comuna 10, 11 y 4. En el rango Medio-Bajo se encuentran la comuna 6, 1, 8 y nuevamente con el nivel más bajo la comuna 7. Las comparaciones entre los valores se puede observar en la figura 4.11.

La figura 4.12 presenta el mapa con el coeficiente de agravamiento. Se observa que dicho factor, teniendo en cuenta la fragilidad social y la falta de resiliencia en la ciudad, es mayor en la zona norte y centro de la ciudad, donde debe prestarse mayor atención a los programas y planes institucionales de reducción del riesgo y específicamente de la vulnerabilidad.

Figura 4.12 Mapa con coeficiente de agravamiento



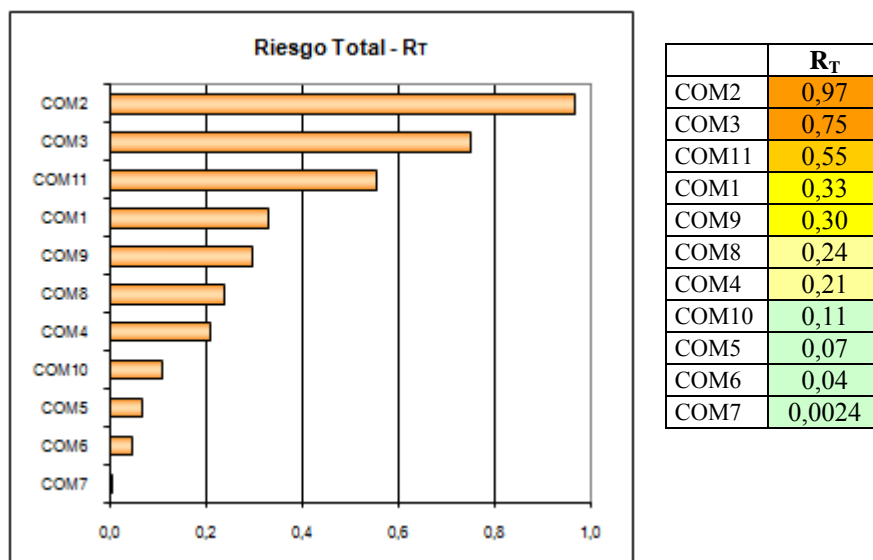
### 4.3 ÍNDICE DE RIESGO TOTAL

Aplicando las ecuaciones 3.1.7 y 3.1.8 se obtienen los resultados de la suma ponderada de factores,  $F$  y  $R_F$ , así como el producto final,  $R_T$ , como se muestran en la tabla 4.12.

Tabla 4.12 Índices de riesgo total, riesgo físico, y coeficiente de agravamiento para Manizales

COMUNA	$R_F$	$F$	$R_T$
Atardeceres (C.1)	0,25	0,34	0,33
San José (C.2)	0,55	0,77	0,97
Cumanday (C.3)	0,47	0,61	0,75
La Estación (C.4)	0,15	0,41	0,21
Ciudadela Norte (C.5)	0,04	0,73	0,07
Ec. Cerro de Oro (C.6)	0,03	0,36	0,04
Tesorito (C.7)	0,00	0,26	0,00
Palogrande (C.8)	0,18	0,32	0,24
Universitaria (C.9)	0,18	0,63	0,30
La Fuente (C.10)	0,07	0,52	0,11
La Macarena (C.11)	0,39	0,43	0,55

Los resultados del índice de riesgo total para la ciudad de Manizales muestran que las comunas que se encuentran en el rango Muy Alto son la 2 y la 3, San José y Cumanday. En el rango Alto está la comuna 11, Macarena, y en el rango Medio-Alto quedaron ubicadas la comuna 1, Atardeceres, y la 9, Universitaria.



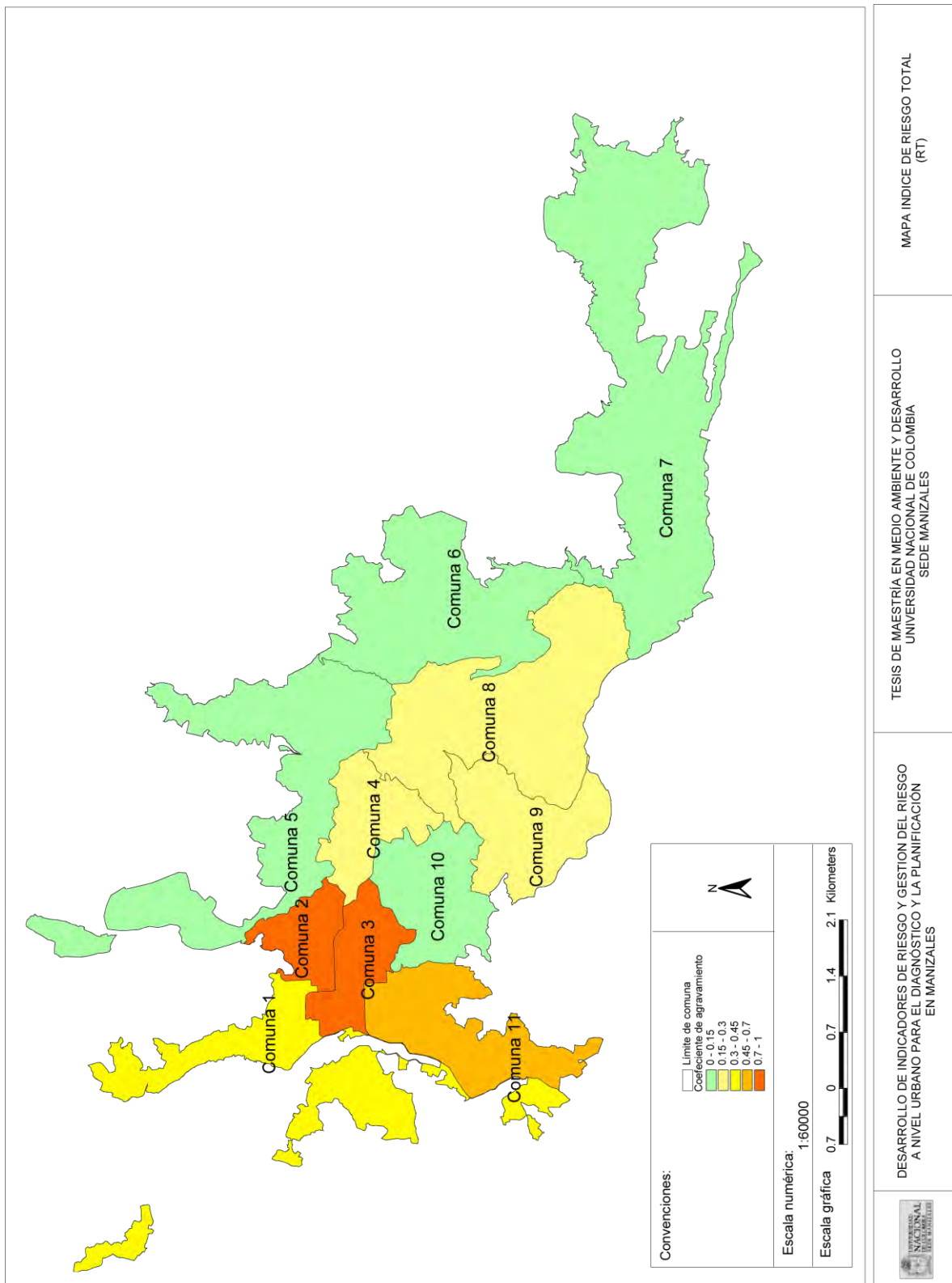
Rangos para el índice de Riesgo Total, $R_T$	
Muy Alto	0.70 - 1.00
Alto	0.45 - 0.69
Medio-Alto	0.30 - 0.44
Medio-Bajo	0.15 - 0.29
Bajo	0.00 - 0.14

Figura 4.13 Índice de Riesgo Total

En el rango Medio-Bajo están los valores del índice para las comunas 8, Palogrande, y 4, La Estación; y por último en rango Bajo quedan la comuna 10, La Fuente, 5, Ciudadela Norte, 6, Ecoturística Cerro de Oro, y la comuna 7, Tesorito, con el menor índice de riesgo total. Las comparaciones entre comunas se pueden percibir mejor en la figura 4.13.

La figura 4.14 ilustra el mapa de riesgo total, en el cual se aprecia que espacialmente existe una tendencia de mayor riesgo en la zona centro-occidental de la ciudad.

Figura 4.14 Mapa con el Índice de Riesgo Total



## CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE GESTIÓN DE RIESGO

Los datos iniciales se obtienen evaluando el nivel de desempeño de cada subindicador de cada política pública de gestión de riesgos en cada período, para lo cual se tienen en cuenta cinco parámetros, los que se califican como *bajo*, *incipiente*, *apreciable*, *notable* u *óptimo*. Simultáneamente se le asignan importancias relativas a cada subindicador, guardando proporciones y generando una jerarquía entre estos. Este es el proceso analítico jerárquico, PAJ, que se explica en el Anexo 6.

Un ejemplo de la evaluación se puede apreciar para el caso de la identificación de riesgos. Para la evaluación de los subindicadores, se usan los formatos como el que se presenta en la tabla 5.1 para la identificación de riesgos. En el Anexo 5 se pueden encontrar las características para cada subindicador y los formatos para las cuatro políticas de gestión de riesgos.

**Tabla 5.1 Subindicadores de Identificación del Riesgo, para Manizales**

Colocar una X al frente del nivel de desempeño logrado en cada año según tabla

Indicador	1990	1995	2000	2005
IR1. Inventario sistemático de desastres y pérdidas	X 1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	X 2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	X 3. <i>Apreciable</i>	X 3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR2. Monitoreo de amenazas y pronóstico	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	X 2. <i>Incipiente</i>	X 2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	X 3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	X 4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR3. Evaluación mapeo de amenazas	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	X 2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	X 3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	X 4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	X 5. <i>Óptimo</i>
IR4. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo	X 1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	X 3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	X 4. <i>Notable</i>	X 4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR5. Información pública y participación comunitaria	X 1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	X 2. <i>Incipiente</i>	X 2. <i>Incipiente</i>	X 2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>
IR6. Capacitación y educación en gestión de riesgos	X 1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>	1. <i>Bajo</i>
	2. <i>Incipiente</i>	2. <i>Incipiente</i>	X 2. <i>Incipiente</i>	X 2. <i>Incipiente</i>
	3. <i>Apreciable</i>	X 3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>	3. <i>Apreciable</i>
	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>	4. <i>Notable</i>
	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>	5. <i>Óptimo</i>

Luego, el cálculo de cada uno de los indicadores y del IGR total se realiza como se aprecia en la figura 5.1, utilizando una suma de conjuntos difusos:

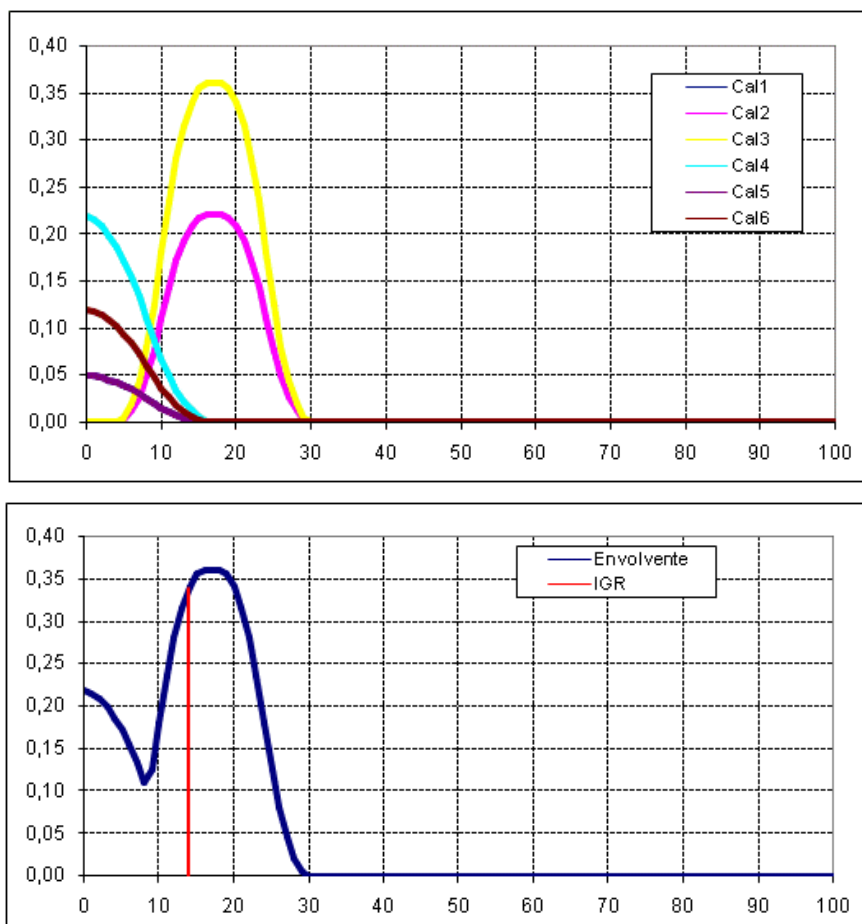


Figura 5.1 de cálculo del IGR para Identificación de Riesgos

A continuación se presentan los resultados de los cuatro indicadores de Gestión de Riegos, para la ciudad de Manizales:

### 5.1 IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

La evaluación de los subindicadores se realiza definiendo un nivel de desempeño para cada subindicador, según el cumplimiento de los aspectos contemplados. Para Manizales, la identificación de riesgos se calificó de la siguiente forma:

Tabla 5.2 Calificación de cada subindicador de identificación de riesgos, IR

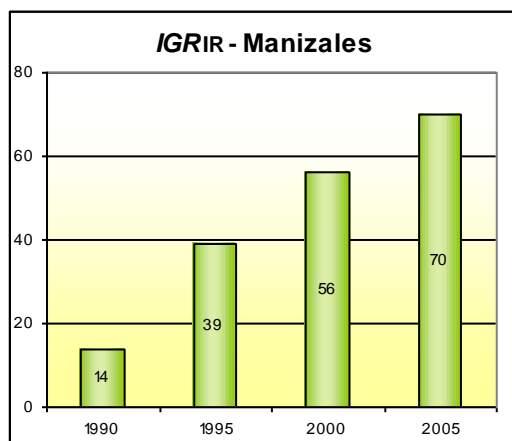
NIVEL	1990	1995	2000	2003
IR.1	5	2	3	3
IR.2	17	2	3	4
IR.3	17	3	4	5
IR.4	5	3	4	4
IR.5	5	2	2	2
IR.6	5	3	2	2

Tabla 5.3 Asignación de importancias a cada subindicador IR, y aplicación del PAJ

	IR1	IR2	IR3	IR4	IR5	IR6
IR1	1	0,2	0,2	0,2	1	0,33
IR2	5	1	0,5	1	5	2
IR3	5	2	1	2	5	4
IR4	5	1	0,5	1	5	2
IR5	1	0,2	0,2	0,2	1	0,33
IR6	3	0,5	0,25	0,5	3	1
eigenvalue = 6.0877 CI = 0.018 CR = 0.014						

La importancia relativa se obtiene de comparar por parejas uno a uno los subindicadores, determinando cuantas veces es más importante uno frente al otro en relación con lo que se quiere reflejar. Estas relaciones se expresan en la tabla 5.3.

La figura 5.2 presenta las calificaciones de los subindicadores que componen el  $IGR_{IR}$  y sus respectivos pesos obtenidos con el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) para Manizales.



NIVEL	1990	1995	2000	2003	W paj
IR.1	1	2	3	3	5
IR.2	2	2	3	4	22
IR.3	2	3	4	5	36
IR.4	1	3	4	4	22
IR.5	1	2	2	2	5
IR.6	1	3	2	2	12

Figura 5.2 Manizales,  $IGR_{IR}$

Para Manizales se puede considerar un aumento continuo en la identificación de riesgos a través del tiempo. Para el año 1990 los niveles de desempeño eran *bajos e incipientes*; para 1995 el inventario sistemático de desastres y pérdidas (IR1), el monitoreo de amenazas y pronóstico (IR2) y la información pública y participación comunitaria (IR5), tienen un nivel



*incipiente* y la evaluación y mapeo de amenazas (IR3), la evaluación de vulnerabilidad y riesgo (IR4) y la capacitación y educación en gestión de riesgos (IR6) presentan un nivel de desempeño *apreciable*. Para el 2000 el IR1 y el IR2 tienen nivel *apreciable*, el IR3 y IR4 pasan al nivel *notable* y el IR5 y el IR6 pasan a *incipiente*. En el 2005 el IR2 se incrementa a *notable* y el IR3 pasa a tener el nivel *óptimo*.

## 5.2 REDUCCIÓN DEL RIESGO

Para Manizales, la reducción de riesgos se calificó de la siguiente forma:

**Tabla 5.4 Calificación de cada subindicador de reducción de riesgos, RR**

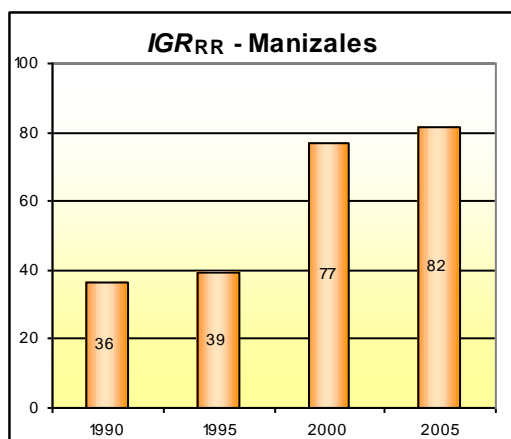
NIVEL	1990	1995	2000	2005
RR.1	2	3	4	4
RR.2	2	3	4	4
RR.3	2	3	4	5
RR.4	3	3	4	4
RR.5	3	3	4	5
RR.6	1	2	4	4

Las comparaciones entre subindicadores de reducción de riesgo, se pueden encontrar en la tabla 5.5.

**Tabla 5.5 Asignación de importancias a cada subindicador RR, y aplicación del PAJ**

	RR1	RR2	RR3	RR4	RR5	RR6
RR1	1	1	0,25	0,5	3	1
RR2	1	1	0,25	0,5	3	1
RR3	4	4	1	2	5	4
RR4	2	2	0,5	1	5	2
RR5	0,33	0,33	0,2	0,2	1	0,33
RR6	1	1	0,25	0,5	3	1
eigenvalue = 6.1343 CI = 0.027 CR = 0.022						

La figura 5.3 presenta las calificaciones de los subindicadores que componen el  $IGR_{RR}$  y sus respectivos pesos obtenidos con el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) para la ciudad.



NIVEL	1990	1995	2000	2005	W paj
RR.1	2	3	4	4	14
RR.2	2	3	4	4	9
RR.3	2	3	4	5	7
RR.4	3	3	4	4	31
RR.5	3	3	4	5	20
RR.6	1	2	4	4	19

**Figura 5.3 Manizales, IGR<sub>RR</sub>**

La reducción de riesgos en Manizales tiene un buen nivel que se mantiene entre 1990 y 1995. Para el año 2000 avanza significativamente y otro poco más en el 2005. Esto se presenta principalmente porque los subindicadores pasan de niveles de desempeño *incipiente* y *apreciable*, a *notable* en el 2000. En el 2005 la implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos (RR3) y la actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción (RR5) alcanzan el nivel de desempeño *óptimo*.

### 5.3 MANEJO DE DESASTRES

La valoración del manejo de desastres para Manizales se indica en la tabla 5.6 y la tabla 5.7 presenta las comparaciones de importancia entre indicadores.

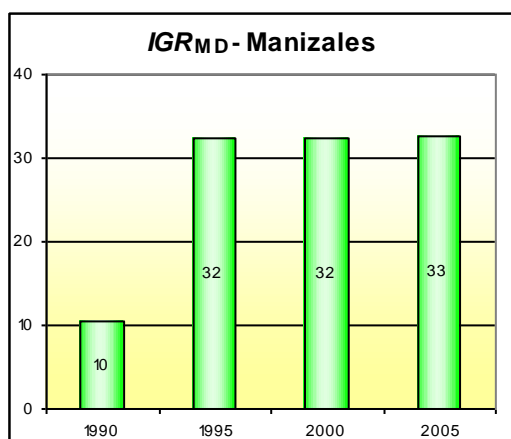
**Tabla 5.6 Calificación de cada subindicador de manejo de desastres, MD**

NIVEL	1990	1995	2000	2005
MD.1	1	2	3	4
MD.2	2	3	3	4
MD.3	1	2	2	2
MD.4	2	3	3	2
MD.5	1	2	3	2
MD.6	1	2	3	2

**Tabla 5.7 Asignación de importancias a cada subindicador MD, y aplicación del PAJ**

	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5	MD6
MD1	1	2	2	5	4	5
MD2	0,5	1	1	5	2	5
MD3	0,5	1	1	5	2	5
MD4	0,2	0,2	0,2	1	0,33	1
MD5	0,25	0,5	0,5	3	1	3
MD6	0,2	0,2	0,2	1	0,33	1
eigenvalue = 6.0684 CI = 0,014 CR = 0.011						

La figura 5.4 presenta las calificaciones de los subindicadores que componen el  $IGR_{MD}$  y sus respectivos pesos obtenidos con el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) para Manizales. Aquí se puede apreciar que la política de manejo de desastres en Manizales mejora en mayor proporción para el año 1995 y se mantiene igual hasta el año 2005. Para 1990 los subindicadores tienen un nivel de desempeño *bajo e incipiente* y para el año 1995 pasan al nivel *apreciable* la planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta (MD2) y la simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional (MD4). Para el 2000, la mayoría de subindicadores, tienen un nivel *apreciable*, y para el 2005 la organización y coordinación de operaciones de emergencia (MD1) y el MD2 pasan a ser *notables*, mientras los demás disminuyen al nivel *incipiente*, manteniendo un valor total del indicador similar al del periodo anterior.



NIVEL	1990	1995	2000	2005	Wpaj
MD.1	1	2	3	4	11
MD.2	2	3	3	4	11
MD.3	1	2	2	2	40
MD.4	2	3	3	2	22
MD.5	1	2	3	2	5
MD.6	1	2	3	2	11

Figura 5.4 Manizales, IGR<sub>MD</sub>

## 5.4 PROTECCIÓN FINANCIERA

La gobernabilidad y protección financiera fue estimada de la siguiente forma:

Tabla 5.8 Calificación de cada subindicador de protección financiera, PF

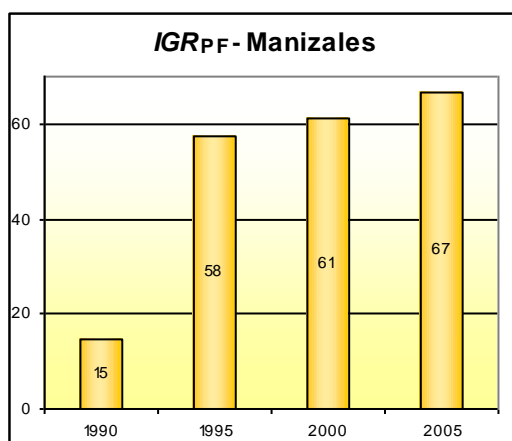
NIVEL	1990	1995	2000	2005
PF.1	1	2	3	3
PF.2	2	4	4	5
PF.3	1	2	3	4
PF.4	1	2	2	2
PF.5	2	3	4	5
PF.6	1	2	4	5

La importancia relativa de los subindicadores de protección financiera se muestra a continuación.

Tabla 5.9 Comparación de importancia de cada subindicador PF, y aplicación del PAJ

	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6
PF1	1	0,33	2	5	2	5
PF2	3	1	5	6	5	6
PF3	0,5	0,2	1	3	1	3
PF4	0,2	0,167	0,33	1	0,33	1
PF5	0,5	0,2	1	3	1	3
PF6	0,2	0,167	0,167	1	0,33	1
eigenvalue = 6.0909 CI = 0.018 CR = 0.,015						

La figura 5.5 presenta las calificaciones de los subindicadores que componen el IGR<sub>PF</sub> y sus respectivos pesos obtenidos con el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) para Manizales.



NIVEL	1990	1995	2000	2005	Wpaj
PF.1	1	2	3	3	21
PF.2	2	4	4	5	46
PF.3	1	2	3	4	12
PF.4	1	2	2	2	5
PF.5	2	3	4	5	12
PF.6	1	2	4	5	4

Figura 5.5 Manizales, IGR<sub>PF</sub>

En el caso de la protección financiera, Manizales inicia en un nivel *bajo* en el año 1990, pero avanza de manera significativa para 1995 y se mantiene en ascenso hasta el 2005. Esto sucede principalmente por el avance de la organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada (PF1) y los fondos de reservas para el fortalecimiento institucional (PF2), que pasa a ser *notable* en el año 1995 y *óptimo* en el 2005. Este subindicador tiene un peso que contribuye a mejorar de manera sensible el indicador. Otros subindicadores que aumentan de la misma manera son la cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos (PF5) y la cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado (PF6) que también alcanzan el nivel de desempeño *óptimo*.

## 5.5 ÍNDICE DE GESTIÓN DE RIESGOS

En la tabla 5.10 se presenta el IGR total y sus componentes, en cada período, de identificación del riesgo, IGR<sub>IR</sub>; reducción del riesgo, IGR<sub>RR</sub>; manejo de desastres, IGR<sub>MD</sub>; y gobernabilidad y protección financiera, IGR<sub>PF</sub> para la ciudad de Manizales.

Tabla 5.10 Valores del IGR para Manizales

	1990	1995	2000	2005
IGR <sub>IR</sub>	13.9	39.2	56.2	70.0
IGR <sub>RR</sub>	36.5	39.2	77.0	81.8
IGR <sub>DM</sub>	10.5	32.3	32.3	32.7
IGR <sub>PF</sub>	14.6	57.6	61.3	66.8
<b>IGR</b>	<b>18.9</b>	<b>42.1</b>	<b>56.7</b>	<b>62.8</b>

La figura 5.6 muestra el IGR total para Manizales y la forma como está constituido por los 4 indicadores. De aquí se puede concluir que el aumento del IGR en Manizales ha sido importante, especialmente desde el año 1995 y se ha venido incrementando hasta el 2005. Todos los subindicadores han tenido un aumento muy similar en los dos primeros períodos, pero luego se destaca principalmente el desempeño en reducción de riesgos, RR, seguida

por la identificación del riesgo, IR, y la protección financiera, PF. El manejo de desastres es el componente en el cual se ha tenido menor avance y en el cual la ciudad debe mejorar.

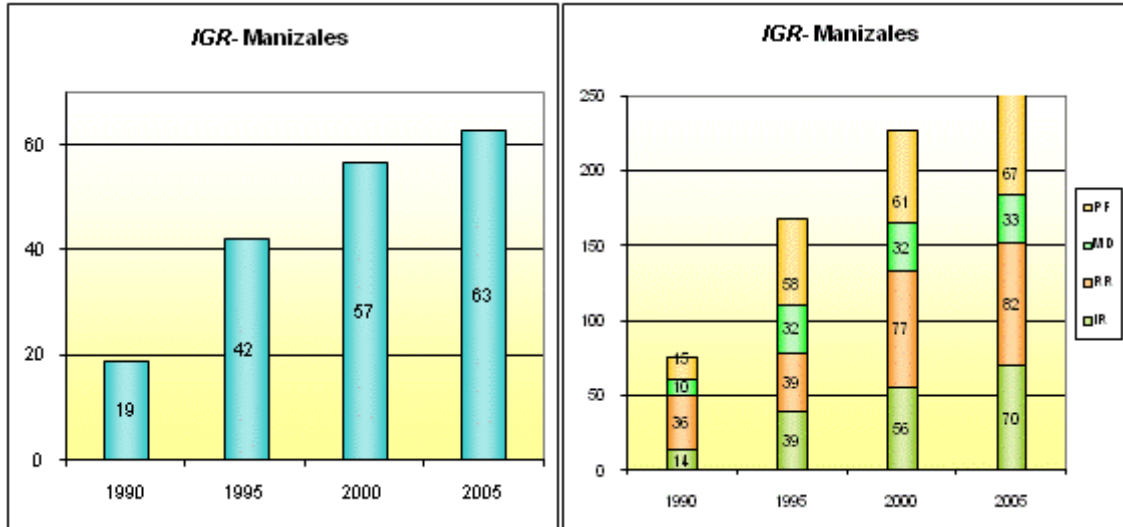


Figura 5.6 Manizales, IGR total

La tabla 5.11 se presenta para ilustrar los cambios de los niveles de desempeño de los cuatro indicadores de la gestión de riesgos entre el primer y último periodo. Su análisis permite identificar fortalezas y debilidades.

De acuerdo con la tabla se puede apreciar que el IGR ha tenido cambios importantes entre el primer y último período. Que los mayores progresos se han tenido en identificación de riesgos y protección financiera y que los menores avances se han tenido en manejo de desastres. Una revisión de los subindicadores permite identificar sin mayor dificultad los aspectos en los cuales ha habido mayor progreso y en cuales es necesario hacer esfuerzos para mejorar.

**Tabla 5.11 Diferencias entre primer y último periodo de los subindicadores del IGR para Manizales**

Valores funciones de desempeño de los subindicadores								
<b>1990</b>	IR.1	5	RR.1	17	MD.1	5	PF.1	5
	IR.2	17	RR.2	17	MD.2	17	PF.2	17
	IR.3	17	RR.3	17	MD.3	5	PF.3	5
	IR.4	5	RR.4	45	MD.4	17	PF.4	5
	IR.5	5	RR.5	45	MD.5	5	PF.5	17
	IR.6	5	RR.6	5	MD.6	5	PF.6	5
	IGR <sub>IR</sub>	13.9	IGR <sub>RR</sub>	36.5	IGR <sub>MD</sub>	10.5	IGR <sub>PF</sub>	14.6
IGR	18.87							
<b>2005</b>	IR.1	45	RR.1	77	MD.1	77	PF.1	45
	IR.2	77	RR.2	77	MD.2	77	PF.2	93
	IR.3	93	RR.3	93	MD.3	17	PF.3	77
	IR.4	77	RR.4	77	MD.4	17	PF.4	17
	IR.5	17	RR.5	93	MD.5	17	PF.5	93
	IR.6	17	RR.6	77	MD.6	17	PF.6	93
	IGR <sub>IR</sub>	70.0	IGR <sub>RR</sub>	81.8	IGR <sub>MD</sub>	32.7	IGR <sub>PF</sub>	66.8
IGR	62.80							
<b>Cambio</b>	IR.1	40	RR.1	60	MD.1	72	PF.1	40
	IR.2	60	RR.2	60	MD.2	60	PF.2	76
	IR.3	76.4	RR.3	76	MD.3	12	PF.3	72
	IR.4	72	RR.4	32	MD.4	0	PF.4	12
	IR.5	12	RR.5	48	MD.5	12	PF.5	76
	IR.6	12	RR.6	72	MD.6	12	PF.6	88
	IGR <sub>IR</sub>	56.1	IGR <sub>RR</sub>	45.3	IGR <sub>MD</sub>	22.2	IGR <sub>PF</sub>	52.2
IGR	43.94							

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES**

La aplicación y adaptación de la metodología del Índice de Riesgo Urbano, IRU, y el Índice de Gestión de Riesgos, IGR, permite tener una visión más completa o integral del problema del riesgo y su manejo en la ciudad de Manizales. No se trata de precisar una problemática en forma exacta, sino de estimar su dimensión y cobertura. El marco conceptual desde una perspectiva holística se logra utilizando indicadores o índices que permiten su desagregación y, por lo tanto, analizar el qué y el cómo se generan los resultados; convirtiéndose en una herramienta útil para la planificación y el ordenamiento territorial.

Inicialmente, a partir del análisis de los resultados del IRU, se pueden identificar las principales debilidades de las comunas, en aspectos de riesgo físico, fragilidad social y falta de resiliencia en forma específica, identificando los aspectos que reflejan los descriptores o factores, lo cual permite establecer prioridades para la reducción del riesgo.

Tomando los rangos del Riesgo Total,  $R_T$ , los resultados más críticos se presentaron para las comunas 2, San José y 3, Cumanday, ya que el riesgo sísmico total se encuentra en un rango Muy Alto, tanto por su componente de riesgo físico, como por el coeficiente de agravamiento.

En la comuna San José, los indicadores de porcentaje de área destruida y de personas que quedarían sin vivienda son muy altos, por lo que se deben definir estrategias de reducción de la vulnerabilidad física, como refuerzos estructurales, mayores controles en los procesos de construcción, así como reubicación de barrios más críticos de zonas de ladera, como la Avanzada y San Ignacio. Igualmente es importante intervenir la fragilidad social, ya que la comuna San José tiene el mayor índice parcial de disparidad social y de densidad de población, un área marginal grande, además que es la segunda comuna en número de delitos. Por otra parte, tiene un bajo cubrimiento de camas hospitalarias, de espacio público, de personal de socorro y un nulo nivel de desarrollo, lo que significa que su resiliencia es muy baja.

En la comuna Cumanday, el indicador de porcentaje de área destruida industrial, de instituciones de salud y otros equipamientos tiene un componente alto, así como el número de muertos, heridos y de personas sin trabajo. En cuanto a fragilidad social, los indicadores más elevados son los de mortalidad, disparidad social y la densidad de población. La falta de resiliencia se expresa a través del bajo nivel de personal de socorro, de su nivel de desarrollo y la falta de participación comunitaria.

Otro caso importante es el de la comuna 11, La Macarena, que tiene presenta un riesgo total Alto, tanto por el riesgo físico, a través de un alto indicador de área destruida así como de personas sin vivienda, como por el coeficiente de agravamiento que presenta, debido que la baja resiliencia, que se expresa por presentar la mayoría de sus indicadores con niveles muy bajos.

En el rango Medio-Alto para el índice de riesgo total se encuentran la comuna 1, Atardeceres, donde el riesgo físico y el coeficiente de agravamiento tienen un nivel Medio-Alto también; y la comuna 9, Universitaria, con un riesgo físico Medio-Bajo pero con un factor de impacto indirecto Alto.

La comuna 8, Palogrande, tiene un valor de riesgo físico y coeficiente de agravamiento en un rango Medio-Bajo, y la comuna 4, Estación, aunque tiene un bajo riesgo físico tiene un factor de impacto Medio-Alto, razón por la cual las dos están en un rango de riesgo total Medio-Bajo. Finalmente, la comuna 10, La Fuente; 5, Ciudadela Norte; 6, Ecoturística Cerro de Oro; y 7, Tesorito presentan un riesgo sísmico total bajo. Sin embargo, se destaca la situación de la Ciudadela Norte que a pesar de tener un riesgo físico muy bajo tiene un coeficiente de agravamiento Muy Alto, por una gran área marginal, un alto índice parcial de disparidad social, pero también debido a su baja resiliencia en general.

La solidez del método utilizado en esta evaluación, puede comprobarse con el análisis de sensibilidad realizado, principalmente con la opción de asignación aleatoria de pesos, que podrían replantearse según otros parámetros o a través de una asignación de expertos por Proceso Analítico Jerárquico, PAJ, produciendo nuevos cálculos que no se distanciarían en gran medida de los resultados ya obtenidos.

Por otra parte, a pesar de que las condiciones de riesgo sísmico, fragilidad social y falta de resiliencia pueden parecer que todavía están en niveles muy altos, sobre todo al comparar los promedios del  $R_F$ ,  $F$  y  $R_T$ , con otras ciudades (Anexo 7), el Índice de Gestión de Riesgo IGR, muestra avances importantes para la ciudad. En Manizales el riesgo es realmente alto debido a la intensidad de las amenazas y a que la gestión del riesgo se realiza de manera sistemática desde hace poco tiempo.

Desde 1990 hasta el 2005 los avances en la identificación del riesgo son notables, IR, destacándose la evaluación y mapeo de amenazas (IR3); entre 1995 y el 2000 hay un crecimiento casi del doble en la reducción del riesgo, RR, por que para este periodo todos los subindicadores presentan un valor de desempeño notable; el manejo de desastres ha mejorado pero se mantiene muy constante entre el año 1995 y el 2005, sin alcanzar todavía las evaluaciones más altas; y en protección financiera, PF, se destaca el incremento drástico de 1990 a 1995, donde uno de los subindicadores más importantes y mejor calificados es el de fondos de reservas para el fortalecimiento institucional (PF2).

Así pues, para el año 2000, Manizales comparada con Bogotá, Pereira y Armenia, tiene el mayor IGR, donde la reducción de riesgos y la protección financiera son las políticas de gestión de riesgos más fuertes.

En síntesis, si la gestión de riesgos, que ha sido efectiva hasta ahora, se enfoca hacia la reducción de las fragilidades sociales y hacia mejorar la resiliencia en zonas claves de la ciudad, como el centro y el norte, mediante proyectos de inversión pública que mejoren las condiciones de vida de las personas, se podría tener una ciudad mucho más segura y equitativa para todos sus ciudadanos. Además, por medio de la política de protección



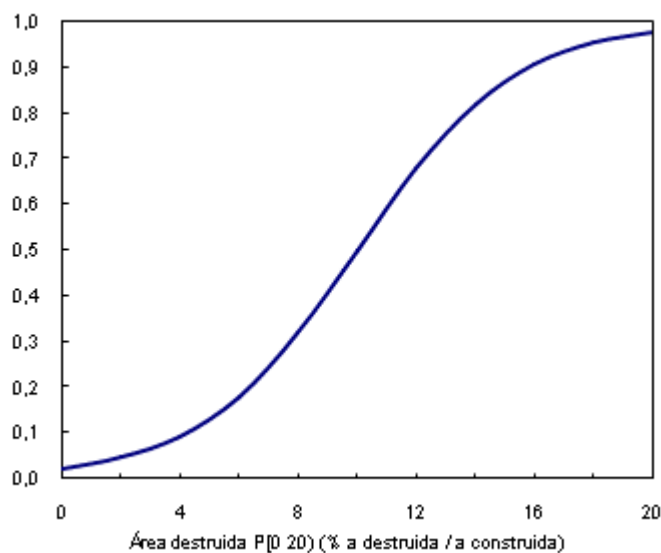
financiera, se puede procurar un mejor y mayor cubrimiento de la ciudad, especialmente para las comunas con riesgos más altos, incentivando el programa de seguro colectivo que se viene realizando desde el año 1999. Se concluye que el riesgo es un problema de desarrollo y que en la medida que se logre mejorar las condiciones de vida y reducir la pobreza se reducirá de manera significativa el riesgo frente a los futuros desastres.

## ANEXOS

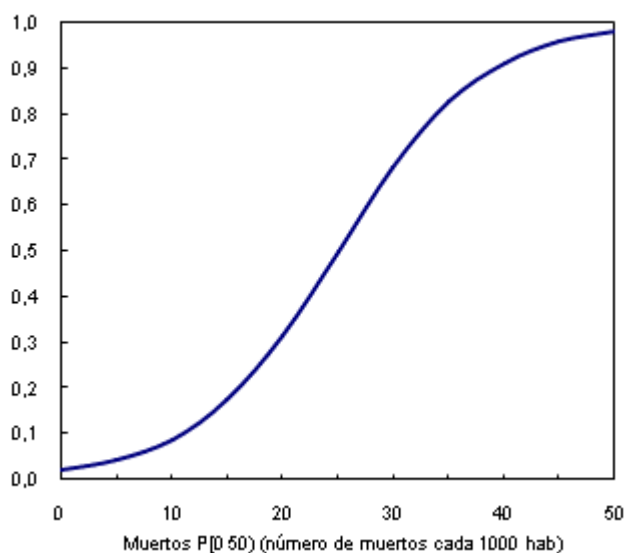
### 7.1 FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN

Este anexo presenta las funciones de transformación utilizadas y sus ecuaciones, para cada indicador utilizado en el cálculo del Índice de Riesgo Total.

#### Funciones de Transformación utilizadas para obtener los factores de riesgo físico

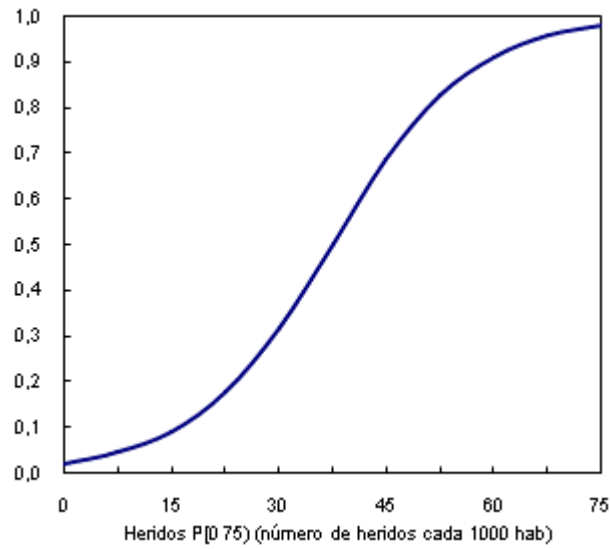


Área destruida en porcentaje del área total construida

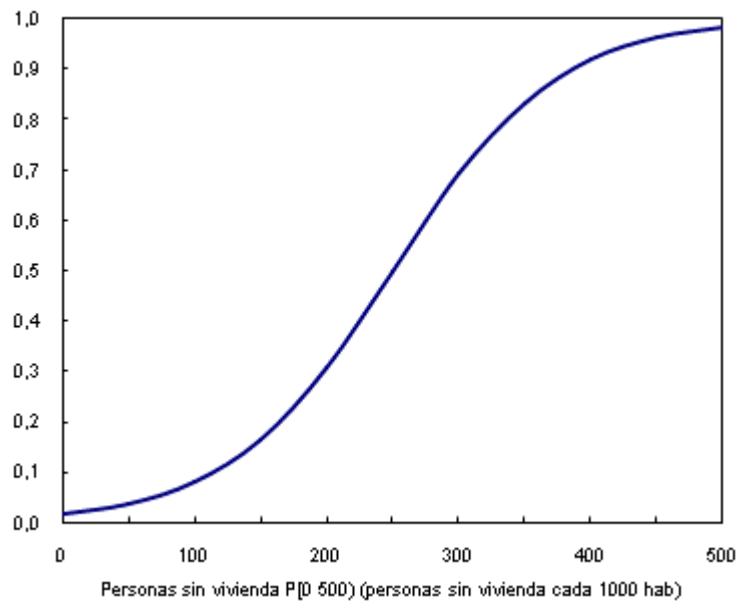


Muertos por cada 1000 habitantes

Figura 7.1 Funciones de transformación de área destruida y muertos

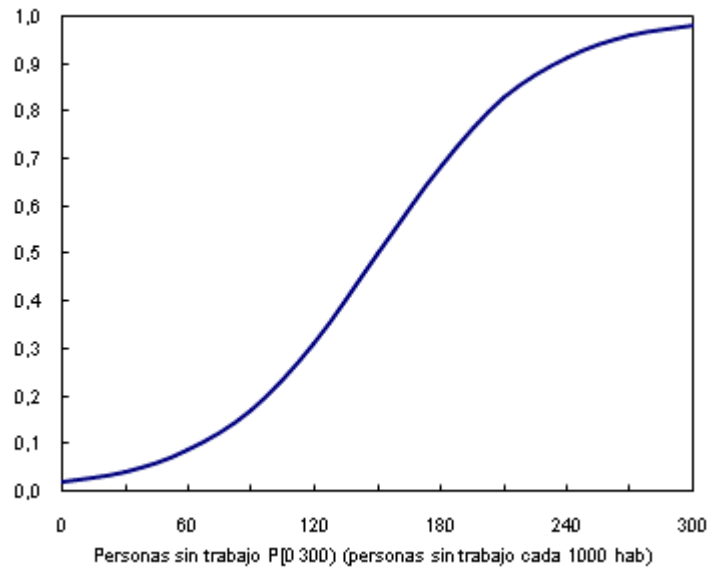


**Heridos por cada 1000 habitantes**



**Personas sin vivienda por cada 1000 habitantes**

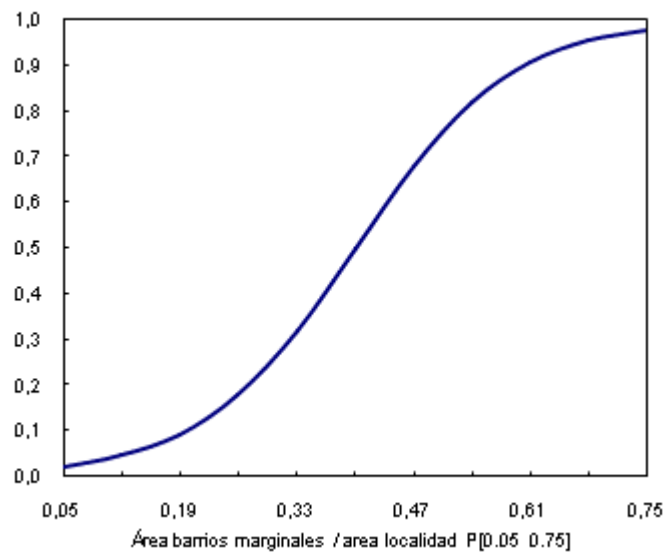
**Figura 7.2 Funciones de transformación de área heridos y personas sin vivienda**



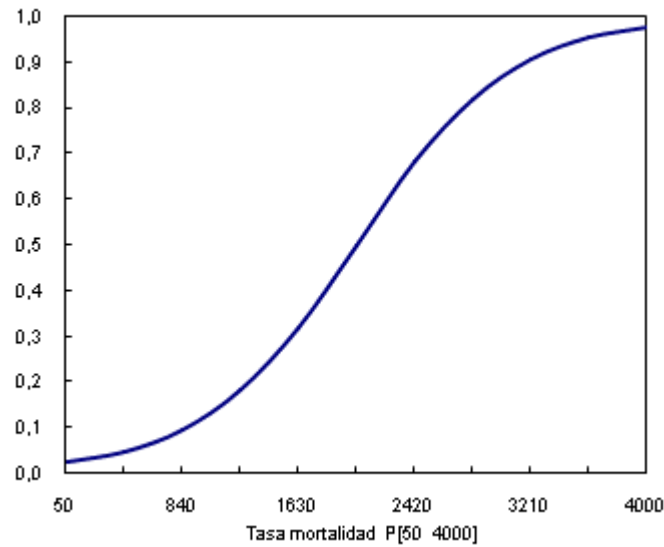
**Personas sin trabajo por cada 1000 habitantes**  
**Figura 7.3 Funciones de transformación personas sin trabajo**

### **Funciones de Transformación utilizadas para obtener los factores del Coeficiente de Agravamiento**

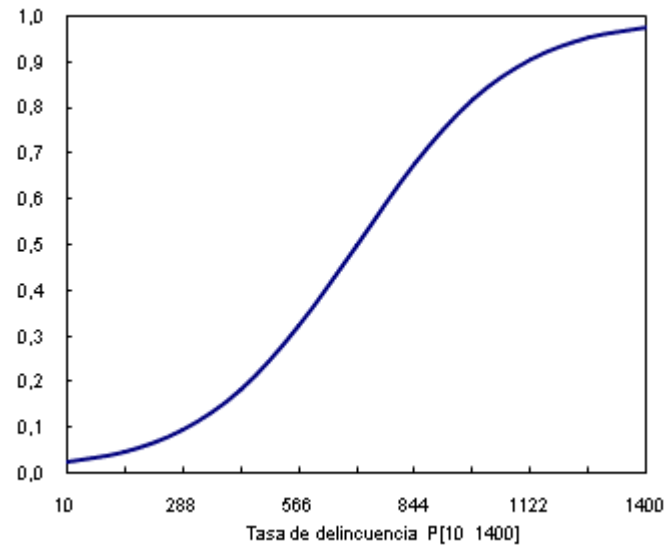
Funciones de transformación utilizadas para obtener los factores de agravamiento por Fragilidad Social



**Área barrios marginales en porcentaje del área construida**  
**Figura 7.4 Funciones de transformación de área barrios marginales**

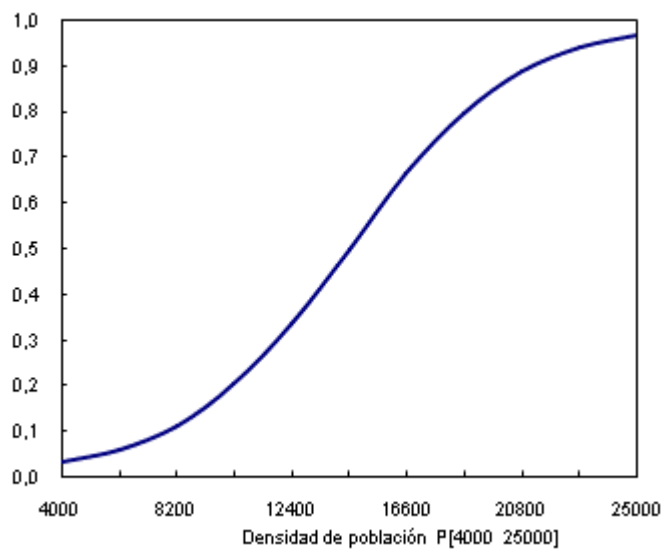


**Tasa de mortalidad por cada 10,000 habitantes**



**Tasa de delincuencia por 100,000 habitantes**

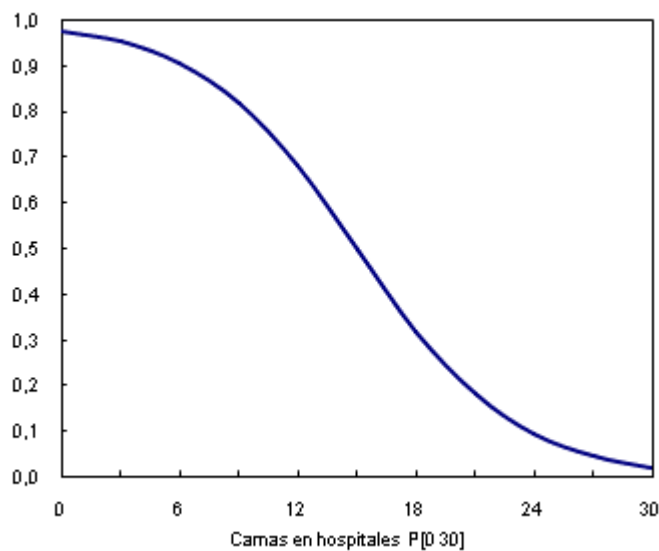
**Figura 7.5 Funciones de transformación tasa de mortalidad y delincuencia**



Densidad de la población en habitantes por km<sup>2</sup>

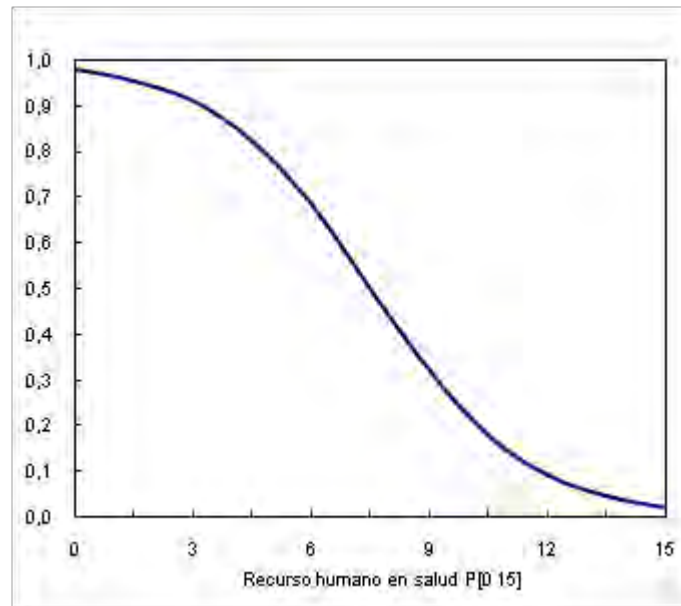
Figura 7.6 Funciones de transformación densidad de población

Funciones de transformación utilizadas para obtener los factores de agravamiento por Falta de Resiliencia

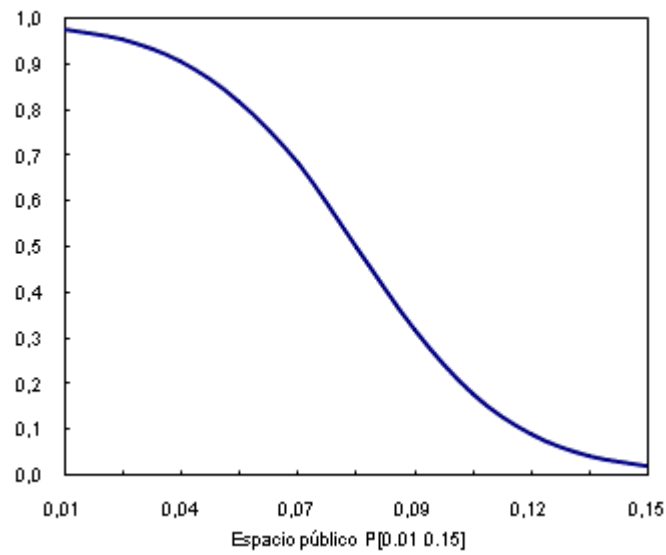


Camas en hospitales por cada 1,000 habitantes

Figura 7.7 Funciones de transformación camas hospitalarias

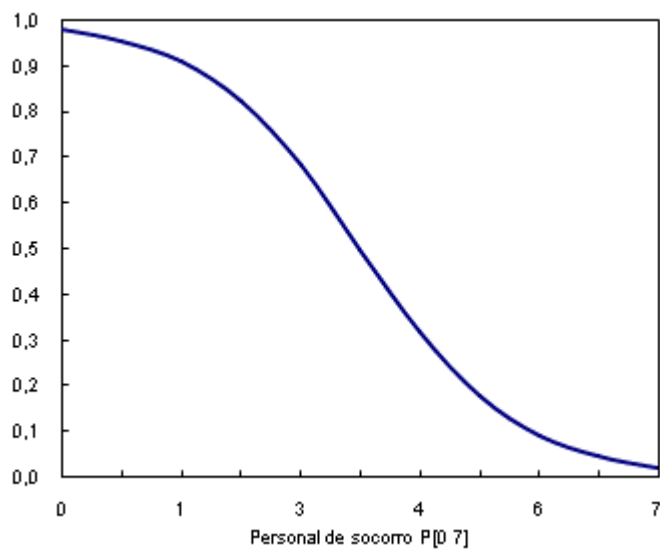


Recurso Humano en Salud por cada 1,000 habitantes

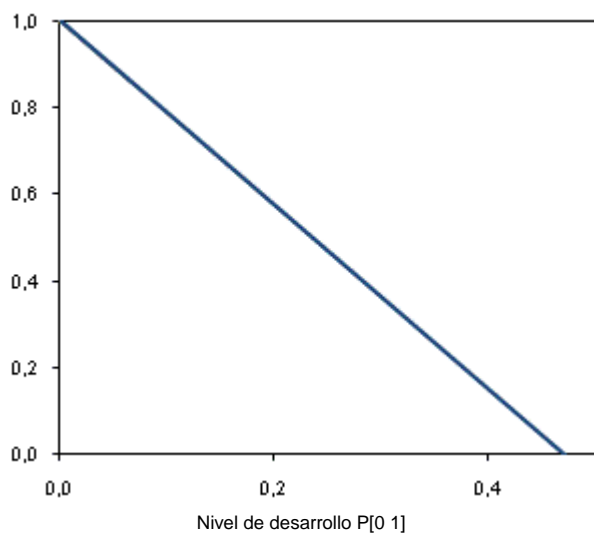


Espacio público disponible en porcentaje del área total

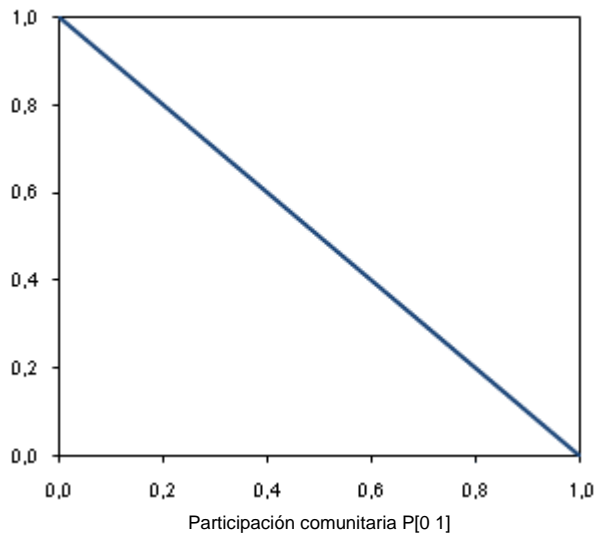
Figura 7.8 Funciones de transformación recurso humano en salud y espacio público



Personal de socorro por cada 10,000 habitantes



Nivel de Desarrollo entre 0 y 1



Participación Comunitaria entre 0 y 1

Figura 7.9 Funciones de transformación personal de socorro, nivel de desarrollo y participación comunitaria



## 7.2 RESULTADOS DE LOS DESCRIPTORES DE RIESGO FÍSICO PARA LOS DIFERENTES ESCENARIOS DE RIESGO DE MANIZALES

En este anexo se presentan los datos y resultados obtenidos para los escenarios de riesgos considerados para Manizales, por las fallas de Romeral, Palestina, Murindó, Benioff y promedio.

### Información inicial

Los siguientes son los datos sobre población y construcciones en Manizales utilizados para la evaluación de los escenarios de riesgo.

**Tabla 7.1 Población durante el día y la noche en cada comuna**

	Población noche	Población día
COM1	38.620	28.783
COM2	25.859	22.605
COM3	27.679	67.336
COM4	25.321	27.249
COM5	45.931	12.312
COM6	28.673	19.215
COM7	38.814	39.883
COM8	20.362	64.208
COM9	34.374	11.044
COM10	45.183	13.467
COM11	27.962	17.576
TOTAL	358.777	323.678

**Tabla 7.2 Área construida en cada comuna**

### Área Total Construida [m<sup>2</sup>]

	Const_tipo 0	Const_tipo 1	Const_tipo 2	Const_tipo 3	Const_tipo 4	TOTAL
COM1	0	690.823,0	40.073,0	36.107,4	143.014,3	910.017,7
COM2	0	340.580,0	7.282,0	864,0	153.875,3	502.601,3
COM3	83.801,0	783.717,0	15.200,0	2.288,0	554.574,5	1.439.580,5
COM4	0	612.728,0	24.368,0	45.695,4	161.552,8	844.344,2
COM5	0	1.218.392,0	204,0	292,1	28.426,3	1.247.314,4
COM6	0	610.633,0	32.218,0	10.216,0	92.488,2	745.555,2
COM7	3.176,0	473.622,0	196.461,0	83,6	134.042,3	807.384,9
COM8	29.704,0	1.163.013,1	16.122,0	9.730,0	534.868,2	1.753.437,4
COM9	0	551.541,0	73,0	4.228,2	36.196,1	592.038,3
COM10	0	689.515,0	9.945,0	5.801,0	29.724,0	734.985,0
COM11	17.085,0	705.700,0	17.818,0	1.421,3	94.853,4	836.877,7
	0	9.044,0	0	1.049,6	30.336,2	40.429,8
<b>TOTAL</b>	133.766,0	7.849.308,1	359.764,0	117.776,6	1.993.951,6	10.454.566,3

Los sistemas estructurales evaluados para Manizales fueron:

**Tabla 7.3 Sistemas estructurales evaluados en Manizales**

**Sistemas Estructurales - Privados**

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sist Est POBLACION</b>
1	Casas de tapia	1
2	Casas de bahareque	2
3	Mampostería sin confinar sin refuerzo con entrepiso en madera	3
4	Mampostería sin confinar sin refuerzo con entrepiso en concreto	18
5	Mampostería confinada con entrepiso en madera	4
6	Mampostería confinada con entrepiso en concreto	4
7	Mampostería reforzada	5
8	Pórticos con entrepisos en una dirección y con defectos (frágiles)	6
9	Pórticos en concreto reforzado con rellenos de mampostería (dúctiles)	6
10	Sistema reticular celulado	9
11	Sistema industrializado de muros de concreto reforzado	10
12	Muros prefabricados de concreto	11
13	Muros de asbesto-cemento y similares	11
14	Bodegas con luces medianas y cubierta liviana	14
15	Pórticos de acero, estructuras metálicas	12
16	Mampostería simple con diafragma	18

**Sistemas Estructurales - Públicos**

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sist Est POBLACION</b>
1	Muros de adobe o tapia pisada	1
2	Mampostería simple	3
3	Mampostería confinada	4
4	Mampostería reforzada	5
5	Pórticos de concreto	6
6	Pórticos de concreto con muros de mampostería	6
7	Pórtico y muros de concreto	8
8	Reticular celulado	9
9	Prefabricado de concreto	11
10	Muros y losas planas de concreto	10
11	Pórticos de acero	12
12	Bodega	14
13	Bodega Luces Largas	15
27	Mampostería sin diafragma rígido (madera)	3
28	Mampostería con diafragma rígido (concreto)	18

## Resultados para los escenarios de riesgo

Los resultados obtenidos por el SISMan + Riesgo, teniendo en cuenta el factor de colapso - Bogotá-DPAE son los siguientes:

**Tabla 7.4 Resultados para el área destruida para diferentes escenarios de riesgo**

### ROMERAL-N

Área Total Destruida [m<sup>2</sup>]

<b>Daños 50%</b>	Edificaciones Destruidas (total)	Viviendas Destruidas	Industria Salud y otros Destruidos
COM1	207.418	152.911	54.507
COM2	375.736,7	259.351	116.385,7
COM3	617.363	406.202	211.161
COM4	136.152	98.665	37.487
COM5	145.884	145.448	436
COM6	58.977,0	45.688	13.289,0
COM7	737	0	737
COM8	126.321	62.070	64.251
COM9	118.856	109.042	9.814
COM10	58.751	49.086	9.665
COM11	434666,4188	394.110	40556,419
	14.161	345	13.816
<b>TOTAL</b>	<b>2.295.022</b>	<b>1.722.918</b>	<b>572.104</b>

### PALESTINA-N

Área Total Destruida [m<sup>2</sup>]

<b>Daños 50%</b>	Edificaciones Destruidas (total)	Viviendas Destruidas	Industria Salud y otros Destruidos
COM1	0	0	0
COM2	0,0	0	0,0
COM3	0	0	0
COM4	0	0	0
COM5	0	0	0
COM6	193,3	0	193,3
COM7	0	0	0
COM8	16.756	0	16.756
COM9	0	0	0
COM10	0	0	0
COM11	0	0	0
	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>16.949</b>	<b>0</b>	<b>16.949</b>

### MURINDÓ -N

Área Total Destruida [m<sup>2</sup>]

<b>Daños 50%</b>	Edificaciones Destruidas (total)	Viviendas Destruidas	Industria Salud y otros Destruidos
COM1	0	0	0
COM2	0,0	0	0,0
COM3	2.336	0	2.336
COM4	0	0	0
COM5	0	0	0
COM6	193,3	0	193,3
COM7	0	0	0
COM8	16.756	0	16.756
COM9	0	0	0
COM10	0	0	0
COM11	0	0	0
	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>19.285</b>	<b>0</b>	<b>19.285</b>

### BENIOFF-N

Área Total Destruida [m<sup>2</sup>]

<b>Daños 50%</b>	Edificaciones Destruidas (total)	Viviendas Destruidas	Industria Salud y otros Destruidos
COM1	0	0	0
COM2	0,0	0	0,0
COM3	0	0	0
COM4	0	0	0
COM5	0	0	0
COM6	193,3	0	193,3
COM7	0	0	0
COM8	16.756	0	16.756
COM9	0	0	0
COM10	0	0	0
COM11	0	0	0
	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>16.949</b>	<b>0</b>	<b>16.949</b>

**Tabla 7.5 Resultados para el área destruida para diferentes escenarios de riesgo**

**PROMEDIO**

	Edificaciones Destruidas (total)	Viviendas Destruidas	Industria Salud y otros Destruídos
COM1	51.854	38.228	13.627
COM2	93.934	64.838	29.096
COM3	154.925	101.551	53.374
COM4	34.038	24.666	9.372
COM5	36.471	36.362	109
COM6	14.889	11.422	3.467
COM7	184	0	184
COM8	44.147	15.518	28.630
COM9	29.714	27.261	2.453
COM10	14.688	12.272	2.416
COM11	108.667	98.528	10.139
	3.540	86	3.454
TOTAL	587.051	430.730	156.322

**PROMEDIO Romeral-Benioff**

	Edificaciones Destruidas (total)	Viviendas Destruidas	Industria Salud y otros Destruídos
COM1	103.709	76.456	27.253
COM2	187.868	129.676	58.193
COM3	308.681	203.101	105.580
COM4	68.076	49.333	18.743
COM5	72.942	72.724	218
COM6	29.585	22.844	6.741
COM7	368	0	368
COM8	71.539	31.035	40.504
COM9	59.428	54.521	4.907
COM10	29.376	24.543	4.833
COM11	217.333	197.055	20.278
	7.081	173	6.908
TOTAL	1.155.985	861.459	294.526

**Tabla 7.6 Resultados personas muertas, heridas y atrapadas, promedio de día y noche para diferentes escenarios de riesgo**

**PROMEDIO-Romeral N-D**

	Muertos	Heridos	Atrapados
COM1	299	669	968
COM2	386	687	1074
COM3	432	846	1278
COM4	290	628	918
COM5	46	211	257
COM6	161	341	502
COM7	41	128	169
COM8	765	953	1719
COM9	161	388	549
COM10	126	305	431
COM11	178	475	653
TOTAL	2887	5631	8518

**PROMEDIO-Palestina N-D**

	Muertos	Heridos	Atrapados
COM1	6	7	12
COM2	9	11	20
COM3	6	8	14
COM4	8	11	19
COM5	0	2	2
COM6	9	12	21
COM7	6	13	19
COM8	144	146	290
COM9	9	11	20
COM10	1	2	4
COM11	1	3	4
TOTAL	201	225	426

**Tabla 7.7 Resultados personas muertas, heridas y atrapadas, promedio de día y noche para diferentes escenarios de riesgo**

**PROMEDIO-Murindó N-D**

	Muertos	Heridos	Atrapados
COM1	22	23	45
COM2	34	35	69
COM3	39	40	80
COM4	14	15	29
COM5	0	1	1
COM6	10	11	22
COM7	3	3	6
COM8	172	173	345
COM9	16	16	32
COM10	3	3	6
COM11	4	5	9
TOTAL	319	325	644

**PROMEDIO-Benioff N-D**

	Muertos	Heridos	Atrapados
COM1	9	9	19
COM2	10	11	21
COM3	11	11	22
COM4	8	11	19
COM5	0	2	2
COM6	9	12	21
COM7	1	1	3
COM8	134	135	269
COM9	8	10	19
COM10	1	2	3
COM11	2	2	3
TOTAL	193	208	400

**PROMEDIO N-D**

	Muertos	Heridos	Atrapados
COM1	84	177	261
COM2	110	186	296
COM3	122	226	349
COM4	80	166	246
COM5	12	54	66
COM6	47	94	141
COM7	13	36	49
COM8	304	352	656
COM9	49	106	155
COM10	33	78	111
COM11	46	121	167
TOTAL	900	1597	2497

**PROMEDIO-Romeral-Benioff N-D**

	Muertos	Heridos	Atrapados
COM1	154	339	493
COM2	198	349	547
COM3	222	428	650
COM4	149	319	468
COM5	23	106	130
COM6	85	177	261
COM7	21	65	86
COM8	450	544	994
COM9	85	199	284
COM10	64	153	217
COM11	90	238	328
TOTAL	1540	2919	4459

**Tabla 7.8 Resumen de pérdidas para diferentes escenarios de riesgo**

Tipo Inmueble	Avalúo Catastral	Valor referencia	Romeral	Palestina	Munrindó	Benioff
1-Municipio	133.448.217.844	133.448.217.844	28.992.151.250	3.148.196.475	4.702.955.170	2.917.803.516
2- Descentralizado	40.910.635.219	40.910.635.219	10.483.530.433	1.878.159.095	2.738.757.800	1.943.675.603
3-Departamento	33.009.092.000	33.009.092.000	7.981.047.685	1.860.963.532	2.602.986.633	1.938.615.427
4-Nación	104.387.643.000	104.387.643.000	21.157.190.427	5.618.652.754	7.292.198.001	5.255.668.485
5-Exento	78.589.968.900	98.237.461.125	29.301.195.980	4.200.190.291	2.488.109.655	4.200.190.291
6-Exento especial	40.587.145.000	50.733.931.250	14.352.359.546	1.883.785.338	1.198.802.672	1.883.785.338
7-No exento	2.995.872.563.000	3.744.840.703.750	1.172.266.748.312	183.876.359.587	143.234.307.380	141.904.912.047
TOTAL	3.426.805.264.963	4.205.567.684.188	1.284.534.223.633	202.466.307.072	164.258.117.312	160.044.650.707
		Pérdida [%]	30,5%	4,8%	3,9%	3,8%

**Tabla 7.9 Resultados personas sin vivienda y sin trabajo para diferentes escenarios de riesgo**

**ROMERAL-N**

<b>Daños 50%</b>	<b>Personas sin vivienda</b>	<b>Personas sin trabajo</b>
COM1	7.150	5.912
COM2	19.107	12.623
COM3	13.498	22.892
COM4	3.204	3.829
COM5	5.478	45
COM6	1.859	1.348
COM7	0	80
COM8	968	6.646
COM9	6.739	1.036
COM10	3.120	1.028
COM11	14.592	4.385
<b>TOTAL</b>	<b>75.715</b>	<b>59.824</b>

**PALESTINA-N**

<b>Daños 50%</b>	<b>Personas sin vivienda</b>	<b>Personas sin trabajo</b>
COM1	0	0
COM2	0	0
COM3	0	0
COM4	0	0
COM5	0	0
COM6	0	21
COM7	0	0
COM8	0	1.823
COM9	0	0
COM10	0	0
COM11	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1.844</b>

**MURINDÓ -N**

<b>Daños 50%</b>	<b>Personas sin vivienda</b>	<b>Personas sin trabajo</b>
COM1	0	0
COM2	0	0
COM3	0	254
COM4	0	0
COM5	0	0
COM6	0	21
COM7	0	0
COM8	0	1.823
COM9	0	0
COM10	0	0
COM11	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>2.098</b>

**BENIOFF-N**

<b>Daños 50%</b>	<b>Personas sin vivienda</b>	<b>Personas sin trabajo</b>
COM1	0	0
COM2	0	0
COM3	0	0
COM4	0	0
COM5	0	0
COM6	0	21
COM7	0	0
COM8	0	1.823
COM9	0	0
COM10	0	0
COM11	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1.844</b>

**Tabla 7.10 Resultados personas sin vivienda y sin trabajo para diferentes escenarios de riesgo**

**PROMEDIO**

<b>Daños 50%</b>	<b>Personas sin vivienda</b>	<b>Personas sin trabajo</b>
COM1	1.788	1.478
COM2	4.777	3.156
COM3	3.375	5.786
COM4	801	957
COM5	1.370	11
COM6	465	353
COM7	0	20
COM8	242	3.028
COM9	1.685	259
COM10	780	257
COM11	3.648	1.096
<b>TOTAL</b>	<b>18.929</b>	<b>16.402</b>

**PROMEDIO Romeral-Benioff**

<b>Daños 50%</b>	<b>Personas sin vivienda</b>	<b>Personas sin trabajo</b>
COM1	3.575	2.956
COM2	9.553	6.311
COM3	6.749	11.446
COM4	1.602	1.915
COM5	2.739	22
COM6	930	685
COM7	0	40
COM8	484	4.234
COM9	3.369	518
COM10	1.560	514
COM11	7.296	2.193
<b>TOTAL</b>	<b>37.858</b>	<b>30.834</b>

### 7.3 ÍNDICE PARCIAL DE DISPARIDAD SOCIAL

Como uno de los indicadores de la fragilidad social, componente del Coeficiente de Agravamiento para el cálculo del Índice de Riesgo Total para Manizales, se construyó un Índice Parcial de Disparidad Social. Inicialmente, para su formulación, se hizo una revisión de los siguientes indicadores:

#### Índice de Desarrollo Humano, IDH

Evalúa el logro medio de un país o región en tres dimensiones fundamentales: disfrute de una vida larga y saludable (a partir de la esperanza de vida al nacer), adquisición de conocimientos y destrezas que permitan a las personas participar creativamente en la vida (a partir de la alfabetización de adultos y la tasa bruta de matriculación primaria, secundaria y terciaria combinada) y logro de un nivel decente de vida (a través del ingreso per capita ajustado por la paridad del poder adquisitivo) (PNUD, 1999). Respecto de cualquier componente del IDH es posible computar índices individuales aplicando la fórmula general:

$$\text{Índice} = \frac{(\text{Valor}) \times (i \text{ efectivo}) - (\text{Valor}) \times (i \text{ mínimo})}{(\text{Valor} \times i \text{ máximo} - \text{Valor} \times i \text{ mínimo})}$$

$$\text{Esperanza de vida:} \quad \frac{(\text{Valor medido en años} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

$$\text{Alfabetización de adultos:} \quad \frac{(\text{Porcentaje medido} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

$$\text{Promedio de años de escolarización:} \quad \frac{(\text{Valor medido} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

$$\text{Logro educacional:} \quad \frac{((2 \times \text{Alfabetización}) + \text{Promedio años escolarización})}{3}$$

$$\text{Ingreso:} \quad \frac{(\text{Ingreso PPA en dólares} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

$$\text{IDH} = \frac{(\text{Esperanza de vida} + \text{Logro educacional} + \text{Ingreso ajustado})}{3}$$

#### Índice de Pobreza Humana, IPH

Constituye una medición multidimensional de la pobreza que reúne en un índice compuesto la privación en cuatro dimensiones básicas de la vida humana: una vida larga y saludable (representado por el porcentaje de personas que no sobrevivirán hasta los 40 años,  $P_1$ ), conocimientos (porcentaje de adultos analfabetos,  $P_2$ ), aprovisionamiento económico e inclusión social (a través del promedio simple de tres variables: porcentaje de



personas sin acceso a agua potable,  $P_{31}$ , porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud,  $P_{32}$ , y porcentaje de niños menores a cinco años con peso insuficiente,  $P_{33}$ ). Esas dimensiones de la privación son las mismas para los países tanto en desarrollo como industrializados, pero difieren los indicadores para medirlos (IPH-1, para países en desarrollo, y IPH-2, para países desarrollados), a fin de reflejar la realidad diferente de esos países y debido a la limitación de los datos (PNUD, 2000; Mancero, 2001). La forma funcional para agregar los tres indicadores está dada por la siguiente expresión:

$$IPH = \left[ \frac{(P_1^3 + P_2^3 + P_3^3)}{3} \right]^{1/3}$$

### **Definiciones e indicadores de vivienda**

También se hizo una revisión de algunas definiciones e indicadores de vivienda, entre los que se encuentran los del Programa de Indicadores de Vivienda del Banco Mundial, (Mayo, S: Stephens, W., 1992), Programa de indicadores de vivienda para Chile (Min. Planificación y Cooperación, Chile, 2002), Indicadores para Manizales sobre calidad de hábitat (Marulanda, 2000, Arias, s.f.), y el desarrollo de indicadores de vivienda para los barrios de Medellín (Taborda H., 1991), dentro de los cuales se tuvieron en cuenta los siguientes:

*Hacinamiento: mide la relación entre número de personas del hogar y el número de recintos habitables que ocupan en una vivienda. Se estima que existe hacinamiento cuando en un hogar hay más de tres personas por recinto habitable.*

*Cobertura de servicios públicos: Porcentaje de población urbana con acceso a servicios de agua potable, alcantarillado, aseo, energía eléctrica y teléfonos públicos.*

### **Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas**

El índice de NBI, es muy utilizado en Colombia como una medida de la pobreza. La metodología de las NBI define la pobreza en términos de cinco indicadores: a) vivienda inadecuada (según los materiales con los que estén hechas las paredes, techos y pisos), b) la falta de acceso a los servicios públicos, como electricidad, agua potable y saneamiento, c) la alta densidad de ocupación del hogar (siendo el límite más de 3 personas por espacio ocupado) (por falta de datos, el último indicador "muchas personas a cargo" se usa como ingreso familiar). El hogar se considera pobre si adolece de cualquiera de las cinco condiciones (May, 1996).

**Tabla 7.11 Dimensiones y Variables del NBI**

Necesidades Básicas	Dimensiones	Variables Censales
Acceso a vivienda	a) Calidad de la vivienda	Materiales de construcción utilizados en piso, paredes y techo
	b) Hacinamiento	i) Número de personas en el hogar ii) Número de cuartos de la vivienda
Acceso a servicios sanitarios	a) Disponibilidad de agua potable	Fuente de abastecimiento de agua en la vivienda
	b) Tipo de sistemas de eliminación de excretas	i) Disponibilidad de servicio sanitario ii) Sistema de eliminación de excretas
Acceso a educación	Asistencia de los niños en edad escolar a un establecimiento educativo	i) Edad de los miembros del hogar
		ii) Asistencia a un establecimiento educativo
Capacidad económica	Probabilidad de insuficiencia de ingresos del hogar	i) Edad de los miembros del hogar
		ii) Último nivel educativo aprobado
		iii) Número de personas en el hogar
		iv) Condición de actividad

Fuente: CEPAL /PNUD (1989) En: Feres, y Mancero, (2001).

El Índice de Condiciones de Vida es otra medida que se ha desarrollado en Colombia, y que resume en un índice compuesto, elementos como: aspectos de la vivienda, entorno ambiental, entorno de seguridad (violencia, etc.) acceso a la educación, hacinamiento, ingresos, etc. (Bula, 2002).

### **Definición del Índice Parcial de Disparidad Social**

El índice pretende representar la desigualdad en la calidad de vida para las once comunas, a partir de condiciones de ocupación de vivienda, que depende características de la habitabilidad de la vivienda, como el hacinamiento y la presencia de servicios públicos. Otra condición que da referencia a la calidad de vida es el acceso a la educación, como indicador de las oportunidades con las que cuenta la población y con las posibilidades de acceder a mayores ingresos a partir de un mejor nivel educativo.

- Indicador de Condiciones de Vivienda:

Primero se obtuvo un indicador de condiciones de vivienda, el cual se compuso de tres subindicadores:

Tipo de vivienda: clasificada como casa, apartamento, casa indígena, cuarto y otro tipo, los cuales dan una idea del espacio con el que cuenta una familia para vivir y del nivel de ingreso para poder acceder a un tipo específico de vivienda. Para reflejar la población con más bajas condiciones se eligió el número de viviendas tipo cuarto y otro tipo.

Total de hogares por vivienda: discrimina cuántas viviendas por comuna tienen 1 hogar, 2 hogares, 3 hogares, etc. hasta 6 hogares. Esta información es valiosa como grado de hacinamiento de las familias, y por eso se eligieron las viviendas con 3 o más hogares, para indicar esta situación.

Total de viviendas sin servicios públicos: tiene en cuenta las viviendas que no tienen alguno y ninguno de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica. Se hizo una resta del total de viviendas a las viviendas con servicios públicos, con el propósito de mostrar condiciones de habitabilidad de mal estado.

El indicador de condiciones de vivienda se obtiene, primero, sumando el número de viviendas tipo cuarto y otros, número de viviendas con 3 o más hogares, y viviendas sin algún servicio público; y luego se normalizan estos resultados.

Ind. Cond. Viv. = Viviendas con bajas condiciones de habitabilidad

# Viv. bajas condic. = (# Viv. tipo cuarto y otros + # Viv. con 3 o más hogares + # Viv. sin serv. publ.)

Viv. bajas condic. = 
$$\frac{(\# \text{Viv. bajas condic.} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

- Indicador del nivel educativo:

El segundo indicador es el nivel educativo, el cual se define como:

Nivel educativo: para la población de 3 años y más, censada en hogares particulares, que incluye sin ningún nivel, y que va desde preescolar, primaria, secundaria, media académica, media técnica, normalista, técnica, tecnológica, profesional, especialización, maestría y doctorado. Para mostrar bajas condiciones por oportunidades educativas y de ingreso se tomaron las personas sin ningún nivel educativo, y las que tenían primaria y secundaria incompleta.

El indicador de nivel educativo bajo o nulo se obtiene, primero, sumando el número de personas sin ningún nivel educativo, con educación primaria incompleta y con educación secundaria incompleta; y luego se normalizan estos resultados.

Ind. Niv. Educ. bajo = Personas sin ningún nivel educativo o muy bajo

# Per. niv. educ. bajo = (# Per. sin educ. + # Per. primaria incompl. + # Per. secundaria incompl.)

Pers. niv. educ. bajo = 
$$\frac{(\# \text{Pers. niv. educ. bajo} - \text{Valor mínimo})}{(\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo})}$$

Finalmente el Índice Parcial de Disparidad Social se obtiene a través del siguiente cálculo:

$$\text{Ind. Parcial de Disp. Soc.} = \left[ \frac{(\text{Ind. Cond. Viv.})^2 + (\text{Ind. Niv. Educ.})^2}{2} \right]^{1/2} \quad (\text{A3.1})$$

## Datos

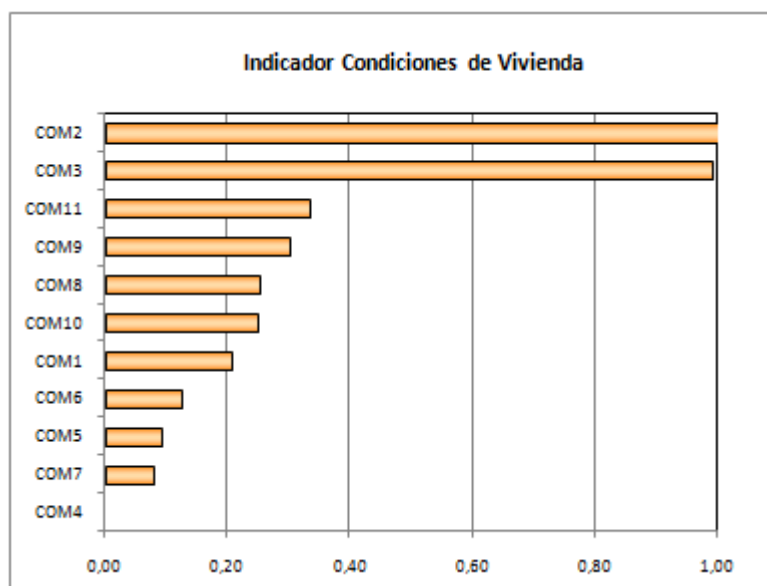
La información fue suministrada por el Centro de Información y Estadística, CIE, de la Alcaldía de Manizales, del Censo del 2005.

### Condiciones de Vivienda

En la tabla 7.12 se encuentran los datos de las variables que conforman el indicador de condiciones de vivienda.

**Tabla 7.12 Datos para el indicador de condiciones de vivienda para Manizales**

	Tipo cuarto y otro tipo	total viviendas x hogares 3, 4, 5 y 6	Total viviendas sin alguno de los servicios públicos	Total viviendas en bajas condiciones de habitabilidad
Atardeceres (C1)	108	114	121	343
San José (C2)	694	71	249	1014
Cumanday (C3)	659	258	89	1006
La Estación (C4)	73	72	23	168
Ciudad. Norte (C5)	91	59	95	245
Ecot. Cerro de Oro (C6)	72	31	170	273
Tesorito (C7)	72	58	104	234
Palogrande (C8)	222	126	33	381
Universitaria (C9)	173	133	116	422
La Fuente (C10)	225	92	63	380
La Macarena (C11)	265	111	74	450



**Figura 7.10 Indicador de condiciones de habitabilidad para Manizales**

Nivel Educativo

Tabla 7.13 Datos indicador de nivel educativo para Manizales

	Ninguno	Primaria incompleta	Secundaria incompleta	Total sin educación, y educación incompleta
Atardeceres (C1)	675	3303	3242	7.220
San José (C2)	2195	6221	4045	12.461
Cumanday (C3)	925	4065	4291	9.281
La Estación (C4)	491	2200	2487	5.178
Ciudad. Norte (C5)	3402	11890	10181	25.473
Ecot. Cerro de Oro (C6)	1014	3949	3741	8.704
Tesorito (C7)	626	2977	2903	6.506
Palogrande (C8)	257	1430	1830	3.517
Universitaria (C9)	1835	6834	5847	14.516
La Fuente (C10)	2082	7243	6499	15.824
La Macarena (C11)	1390	5425	4841	11.656

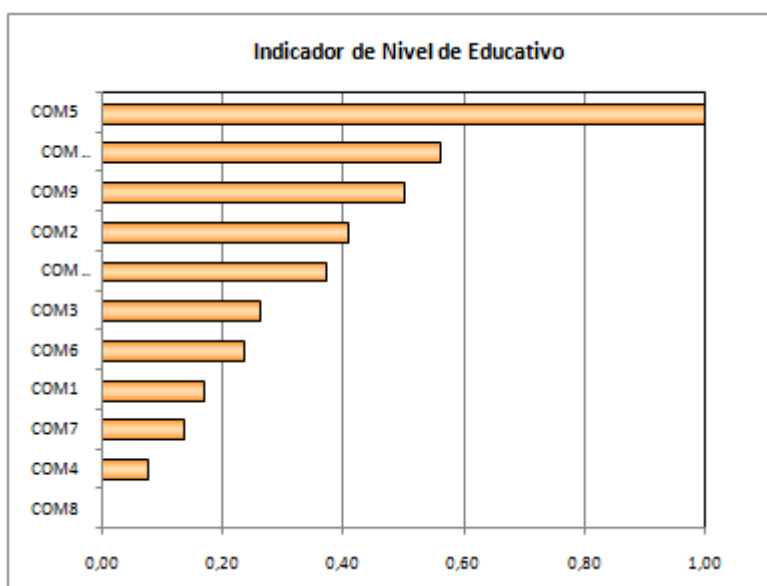


Figura 7.11 Indicador de nivel de educativo para Manizales

## Resultados

**Tabla 7.14 Índice Parcial de Disparidad Social para Manizales**

	Indicador de condiciones de habitabilidad	Indicador de nivel educativo	Índice parcial de Disparidad Social
Atardeceres (C1)	0,2069	0,1687	0,18872
San José (C2)	1,0000	0,4074	0,76353
Cumanday (C3)	0,9905	0,2625	0,72460
La Estación (C4)	0,0000	0,0757	0,05349
Ciudad. Norte (C5)	0,0910	1,0000	0,71003
Ecot. Cerro de Oro (C6)	0,1241	0,2362	0,18870
Tesorito (C7)	0,0780	0,1361	0,11095
Palogrande (C8)	0,2518	0,0000	0,17803
Universitaria (C9)	0,3002	0,5010	0,41298
La Fuente (C10)	0,2506	0,5605	0,43416
La Macarena (C11)	0,3333	0,3707	0,35251

## **7.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO**

El siguiente anexo presenta la información encontrada sobre el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) en Cardona et al. (2005).

El proceso analítico jerárquico es una técnica ampliamente usada para la toma de decisiones con base en múltiples atributos y como método de ponderación le permite al tomador de decisiones obtener pesos contrastantes a los asignados en forma arbitraria. Una ventaja del PAJ, a diferencia de otros métodos basados en la Teoría de la Utilidad, es que su uso para con fines de comparación no requiere de una escala universal. Más aún, el PAJ tolera la inconsistencia de tal manera que las personas piensan a través de un enfoque redundante (hay más ecuaciones disponibles que el número de pesos en ser definidos). Esta redundancia es una característica útil así como lo es, es en forma análoga, el cálculo de un número con base en la estimación del promedio después de repetidas observaciones. Los pesos obtenidos son menos sensitivos a los errores de juicio. Estas ventajas de los pesos obtenidos mediante el PAJ se pueden defender y justificar delante del público.

El Proceso Analítico Jerárquico (Analytical Hierarchy Process - AHP) facilita el análisis multicriterio basado en importancias relativas. Es una técnica útil para asignar los factores de participación o importancia de los componentes de un indicador de una manera más rigurosa que la directa apreciación utilizando el “juicio” o “sentimiento” de los expertos (Hyman 1998).

El PAJ es una técnica bastante usada para la toma de decisiones con atributos múltiples (Saaty 1987). Permite la descomposición de un problema en una jerarquía y asegura que tanto los aspectos cualitativos como cuantitativos de un problema sean incorporados en el proceso de evaluación, durante la cual la opinión es extraída sistemáticamente por medio de comparaciones entre pares. El PAJ es una metodología de decisión compensatoria porque las alternativas que son eficientes con respecto a uno o más objetivos pueden compensarse mediante su desempeño con respecto a otros objetivos. El PAJ permite la aplicación de datos, experiencia, conocimiento, e intuición de una forma lógica y profunda dentro de una jerarquía como un todo.

El núcleo del PAJ es una comparación de atributos entre pares ordinales; subindicadores en este contexto, en los cuales enunciados de preferencia son identificados. Para un objetivo dado, las comparaciones son realizadas por pares de subindicadores, primero planteando la pregunta “¿Cuál de los dos es el más importante?” y segundo “¿Por cuánto?”. La fortaleza de la preferencia es expresada en una escala semántica de 1 a 9, lo que permite la medida dentro del mismo orden de magnitud. La preferencia de 1 indica igualdad entre dos subindicadores mientras que una preferencia de 9 indica que un subindicador es 9 veces más grande o más importante que aquel con el que es comparado. La tabla 7.23, propuesta por Saaty y Vargas (1991), ilustra los puntaje utilizados para la asignación de importancias o preferencias relativas por parejas de indicadores, teniendo como referencia qué tanto, en forma comparativa, cada indicador refleja el aspecto que se desea representar.

**Tabla 7.15 Escala de asignación de importancia comparativa entre parejas**

Juicio de importancia	Puntaje
Extremadamente más importante	9
	8
Muy fuertemente más importante	7
	6
Fuertemente más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igualmente importante	1

De esta forma las comparaciones están siendo realizadas entre pares de subindicadores donde la percepción es lo suficientemente significativa para hacer una distinción. Estas comparaciones resultan en una matriz A de comparaciones (ver tabla 7.24) donde  $A_{ii} = 1$  y  $A_{ij} = 1 / A_{ji}$ .

**Tabla 7.16 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (escala semántica)**

Objetivo	Indicador A	Indicador B	Indicador C
Indicador A	1	3	1
Indicador B	1 / 3	1	1 / 5
Indicador C	1	5	1

Para el ejemplo ilustrado en la tabla 7.24, el indicador A es tres veces más importante que el indicador B, y consecuentemente el indicador B tiene un tercio de la importancia del indicador A. Cada juicio refleja, en la realidad, la percepción de la relación de las contribuciones relativas (pesos) de los dos indicadores al objetivo total que se valora como se muestra en la tabla 7.25.

**Tabla 7.17 Matriz de comparaciones A de tres subindicadores (pesos)**

Objetivo	Indicador A	Indicador B	Indicador C
Indicador A	$w_A / w_A$	$w_A / w_B$	$w_A / w_C$
Indicador B	$w_B / w_A$	$w_B / w_B$	$w_B / w_C$
Indicador C	$w_C / w_A$	$w_C / w_B$	$w_C / w_C$

Los pesos relativos de los subindicadores son calculados usando una técnica de vectores propios. Una de las ventajas de este método es que es capaz de verificar la consistencia de la matriz de comparación a través del cálculo de los valores propios (*eigenvalues*).

El PAJ tolera la inconsistencia a través de la cantidad de redundancia. Para una matriz de tamaño  $n \times n$  sólo comparaciones  $n-1$  son requeridas para establecer pesos para los



indicadores  $n$ . El número real de comparaciones realizadas en el PAJ es  $n(n-1)/2$ . Esta redundancia es una característica útil como lo es, en forma análoga, la estimación de un número como resultados de obtener el promedio de repetidas observaciones. Esto conduce resulta en un conjunto de pesos que son menos sensitivos a errores de juicio. Además, esta redundancia permite la medición de los errores de juicio al dar medios para calcular una relación de consistencia.

De acuerdo con la técnica PAJ la relación de consistencia  $CR$  (ecuación 7.6.1) es el cociente entre el índice de consistencia  $CI$  de una matriz de comparaciones dada y el valor del mismo índice para una matriz de comparaciones generada aleatoriamente, como se expresa en las ecuaciones 7.6.1 y 7.6.2.

$$CR = \frac{CI}{CI_{random}} \leq 0.1 \quad (7.6.1)$$

$$\text{donde } CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (7.6.2)$$

El término  $\lambda_{max}$  en la ecuación 7.6.2 es el mayor valor propio positivo de la matriz de comparaciones *pairwise*.

Hyman indica que la consistencia es suficiente si  $CR$  es menor o igual a 0.10. En caso contrario se debe revisar los elementos de la matriz de comparaciones con el ánimo de mejorar su consistencia. Una vez obtenida una consistencia aceptable se procede a calcular el vector propio principal y normalizarlo, así se determinan los valores ajustados de los pesos o factores de participación.

## BIBLIOGRAFÍA

Blaikie, P., Cannon T., Davis, I, Wisner, B. (1996). *El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres*. Vulnerabilidad. Primera Edición: Julio de 1996. Publicación de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

Birkmann, J. (2005). *Danger Need Not Spell Disaster—But How Vulnerable Are We?*, Research Brief, Tokio: United Nations University (ed). En: Birkmann, Jörn, 2006. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press. Hong Kong.

Birkmann, Jörn, (2006). *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press. Hong Kong.

Bula, J.I., (2002). Conferencia: *Amartya Sen y la Medición del Bienestar*. En: Reyes M., V. *La Medición de la Pobreza y el Bienestar y el Pensamiento de Amartya Sen* (recopilación). Universidad Nacional de Colombia.

Cannon et al. (2003). *Social Vulnerability. Sustainable Livelihoods and Disasters*, Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office, Disponible en: [http://www.benfieldhrc.org/disaster\\_studies/projects/soc\\_vuln\\_sust\\_live.pdf](http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sust_live.pdf). En: Birkmann, Jörn, 2006. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press. Hong Kong.

Cardona, O.D., (2001). *Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*. Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña. CD: Premios de Investigación Social sobre protección civil, para tesis doctorales, 2002. Dirección General de Protección Civil, Ministerio del Interior, España.

Cardona, O.D. (2003). *The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management*, in *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. G. Bankoff, G. Frerks, D. Hilhorst (Ed), Earthscan Publishers, Londres. Disponible en: [http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/nrcvrfhp/nrcvrfhp\\_ago-04-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/nrcvrfhp/nrcvrfhp_ago-04-2003.pdf)

Cardona, O.D., (2000). *Diagnóstico y Perspectivas de Gestión de Riesgos en Colombia*. Informe de Consultoría. Documento presentado al Banco Mundial.

Cardona, O.D., (2005a). *Gestión Integral de Riesgos y Desastres*. Curso Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo.

Cardona, O.D., (2005b). *Manizales: Frente al Futuro*. Alcaldía Municipal 2002 – 2005. p. 158-164., Manizales.

Cardona, O.D.; Hurtado, J. E.; Duque, G.; Moreno, A.; Chardon, A.C.; Velásquez, L.S. y Prieto, S.D. (2003). *La Noción de Riesgo desde la Perspectiva de los Desastres: Marco Conceptual para su Gestión Integral*. 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. (2005). *Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión de Riesgos*. Informe Técnico Principal, Instituto de Estudios Ambientales, IDEA, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Banco Interamericano de Desarrollo, BID. Disponible en: [http://idea.manizales.unal.edu.co/ProyectosEspeciales/BID/desc\\_gta.asp?IdActividadAcademica=32](http://idea.manizales.unal.edu.co/ProyectosEspeciales/BID/desc_gta.asp?IdActividadAcademica=32)

Cardona, O.D. et al (2006). *Evaluación de la gestión del riesgo de los municipios de Armenia, Bogotá d.c., Manizales y Pereira*. Programa de Gestión Integral Del Riesgo para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Informe de Consultoría.

Carreño M.L. (2007). *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, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Disponible en: <http://www.tdx.cesca.es/>

Carreño, M.L., Cardona, O.D., y Barbat, A.H. (2004). *Metodología para evaluación del desempeño de la gestión del riesgo*. Monografías de Ingeniería Sísmica. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE, Barcelona.

Carreño M.L., Cardona, O.D., y Barbat A.H., (2005a). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*. Monografías de Ingeniería Sísmica. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE, Barcelona.

Carreño M.L., Cardona, O.D., & Barbat, A.H. (2005b). *Seismic Risk Evaluation for an Urban Centre*. 250th Anniversary of the 1755 Lisbon Earthquake, Lisboa.

Carreño M.L., Cardona, O.D., & Barbat, A.H. (2005c). *Evaluation of the risk management performance*. 250th Anniversary of the 1755 Lisbon Earthquake, Lisboa

Carreño M.L., Cardona, O.D., & Barbat, A.H. (2006). *Seismic Risk Evaluation for an Urban Centre*. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva.

CEPAL, (2001). Estadísticas. Disponible en: [www.cepal-est2001-introduccion.pdf](http://www.cepal-est2001-introduccion.pdf)

CEDERI, Centros de Estudios sobre Desastres y Riesgos de la Universidad de los Andes, (2002). *Microzonificación Sísmica de Manizales*. Informe de Consultoría. Disponible en:

[http://www.manizales.unal.edu.co/gestion\\_riesgos/descargas/microzon/informe\\_final\\_figuras.pdf](http://www.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/descargas/microzon/informe_final_figuras.pdf)

CEDERI, Centros de Estudios sobre Desastres y Riesgos de la Universidad de los Andes; y Alcaldía Mayor de Bogotá (2005). *Riesgo Sísmico de Bogotá desde una Perspectiva Holística*. Informe de Consultoría.

Chardon, A., (2002). *Un Enfoque Geográfico de la Vulnerabilidad en Zonas Expuestas a Amenazas Naturales*. El ejemplo andino de Manizales, Colombia. Editorial Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Manizales.

Chardon, A., (2006). *Un Desafío para el Desarrollo Urbano: Amenazas naturales y vulnerabilidad global asociada*. El caso de la ciudad de Manizales (Andes de Colombia). Ponencia. Memorias Taller Internacional sobre Gestión del Riesgo a Nivel Local, el Caso de Manizales, Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, OFDA, Alcaldía de Manizales.

Correa R., et al. (2001). El desarrollo Sostenible una lectura desde la economía. Revista Universidad de Medellín, No. 72, julio de 2001. P 29-43.

Chivata, I. (2006). Contribuciones para el Tratamiento de la Incertidumbre en la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción de Masa. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Dilley, M., (2006). *Disaster risk hotspots: A project summary*. Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University Press. Hong Kong.

Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres, DNPAD, (2005). Boletín Consolidado de Alertas 2005, Disponible en:  
<http://www.dgpad.gov.co/home.html>  
[http://www.dgpad.gov.co/acerca/alertas\\_2005.doc](http://www.dgpad.gov.co/acerca/alertas_2005.doc);  
<http://www.dgpad.gov.co/entidad/INFORMEDEGESTI%D3N%5B1%5D.doc>

ERN, Evaluación de Riesgos Naturales. (2004) *Metodología de Cálculo de Riesgo Sísmico para la Estimación de Pérdidas Probables*. Informe de Consultoría. 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.

Eschenhagen, M.L., (1998). *Evolución del concepto de “desarrollo sostenible” y su implantación política en Colombia*. Revista INNOVAR, No. 11, Enero – Junio, 1998. p. 111- 120.

Estrategia Internacional para Reducción de Desastres, EIRD, (2006a). Revista EIRD Informa- América Latina y el Caribe, Número 12 de 2006. Desastres y amenazas en la

región. CEPAL *Los efectos devastadores de los desastres en 2005: más allá de la coyuntura, la necesidad de adaptación*. Disponible en: [http://www.eird.org/esp/revista/no\\_12\\_2006/art4.htm](http://www.eird.org/esp/revista/no_12_2006/art4.htm)

Estrategia Internacional para Reducción de Desastres, EIRD, (2006b). Revista EIRD Informa - América Latina y el Caribe, Número 5, 2002. *Hacia el desarrollo sostenible de las montañas por medio de la reducción de desastres*. Disponible en: [http://www.eird.org/esp/revista/No5\\_2002/pagina6.htm](http://www.eird.org/esp/revista/No5_2002/pagina6.htm)

Feres, J.C. y Mancero, X. (2001). *El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina*. Serie de estudios estadísticos y prospectivos, CEPAL. División de Estadística y Proyecciones Económicas.

Fernandez, J.; Mattingly, S.; Bendimerad, F.; Cardona O.D. (2006). *Report on the Metro Manila Implementation Process, USRi, DRMi*. Cross Cutting Capacity Development (3cd) Program, Megacity Indicators System. Earthquakes and Megacities Initiative, EMI.

García, C. E., (2003). *Modelo basado en lógica difusa para la construcción de indicadores de vulnerabilidad urbana frente a fenómenos naturales*. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

HAZUS (2003). Multihazard Loss Estimation Methodology. Disponible en: National Institute of Building Sciences, Home page: <http://www.nibs.org/hazusweb>; Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, de Estados Unidos, FEMA: <http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/index.shtm>

INGEOMINAS, (2007). Documentos. Disponible en: [http://www.ingeominas.gov.co/red\\_sismologica\\_nacional\\_de\\_colombia\\_rsnc/red\\_sismologica\\_regional\\_del\\_eje\\_cafetero/antecedentes\\_sismicos\\_en\\_la\\_region\\_20051129263.htm](http://www.ingeominas.gov.co/red_sismologica_nacional_de_colombia_rsnc/red_sismologica_regional_del_eje_cafetero/antecedentes_sismicos_en_la_region_20051129263.htm)

Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), (2006). *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*. Versión 2004. Disponible en: [http://www.unisdr.org/eng/about\\_isdr/basic\\_docs/LwR2004/Preface.pdf](http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/basic_docs/LwR2004/Preface.pdf)

International Institute for Sustainable Development, IISD (2006). Disponible en: <http://www.iisd.org/cgsdi/dashboard.asp>

Kasperson, J. y Kasperson, R. (2001). *Global Environmental Risk*. United Nations University Press. Tokyo.

Lavell, A., (2000). Draft Annotated Guidelines for Inter-Agency Collaboration in Programming for Disaster Reduction, no publicado para Emergency Response Division at UNDP, Ginebra.

Londoño, J. (1998). *Degradación Ambiental y Generación de Riesgos, caso Manizales*. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales, CEDERI, Bogotá.

Londoño, J. P. (2006). Evaluación Holística del Riesgo frente a Deslizamientos en Áreas Urbanas Andinas. Estudio de Caso: Manizales. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Mancero, X. (2001). *La medición del desarrollo humano: Elementos de un debate*. Serie de estudios estadísticos y prospectivos. CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas.

Masure P. y Lutoff C. (2002). *Handbook on urban system exposure (USE). Assessment to natural disasters*. Proyecto RISK-UE.

May, E. (1996). *La Pobreza en Colombia*, un estudio del Banco Mundial. TM Editores-Banco Mundial.

Ministerio de Planificación y Cooperación. Gobierno de Chile, (2000). Encuesta CASEN, de vivienda. Disponible en:  
<http://www.mideplan.cl/casen3/vivienda/indicevivienda2000.htm>.

Mitchell, T. 2003. *An operational framework for mainstreaming disaster risk reduction*. Benfield Hazard Research Centre. Disaster Studies Working Paper 8. Disponible en:  
[http://www.ids.ac.uk/ids/pvty/pdf-files/OPERATIONAL\\_FRAMEWORK\\_FOR\\_MAINSTREAMING%20DISASTER.pdf](http://www.ids.ac.uk/ids/pvty/pdf-files/OPERATIONAL_FRAMEWORK_FOR_MAINSTREAMING%20DISASTER.pdf)

Monday, J (2002). *Building Back Better: Creating a Sustainable Community After a Disaster*, Natural Hazards Informer 3, January. Disponible en:  
<http://www.colorado.edu/hazards/informer/infrmr3/informer3.pdf>.  
En: BIRKMANN, JÖRN, 2006. Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University Press. Hong Kong.

Noguera, A. (2006). *Pensamiento Ambiental Complejo y Gestión Del Riesgo: Una Propuesta Epistémico-Ético-Estética*. Documento realizado para el Taller Internacional sobre Gestión del Riesgo a Nivel Local, el caso de Manizales, Colombia. CD de Memorias. Disponible en: [http://www.manizales.unal.edu.co/gestion\\_riesgos/evolucion3.php](http://www.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/evolucion3.php)

Organización de Naciones Unidas, ONU, (2003). *Indicadores de Desarrollo Sostenible*. División de Desarrollo Sostenible. Disponible en:  
<http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isd.htm>

Organización de Naciones Unidas, ONU, (2006). *Desarrollo sostenible: Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres Aplicación de la Estrategia Internacional*

para la Reducción de los Desastres. Asamblea General, agosto, 2006. Sexagésimo primer período de sesiones. Informe del Secretario General. Disponible en:

[http://www.unisdr.org/eng/about\\_isdr/basic\\_docs/SG-report/SG-report-61-229-spa.pdf](http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/basic_docs/SG-report/SG-report-61-229-spa.pdf)

Ospina, M. S. (2000). *Las ideologías ambientales*. Revista Ciencias Humanas, UTP. No. 23, Mayo. Disponible en:

<http://www.utp.edu.co/~chumanas/revistas/revistas/rev23/ospina.htm>

Peduzzi, P. (2006). *The Disaster Risk Index: Overview of a quantitative approach*. Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University Press. Hong Kong.

Pelling, M. (2006). *Review of global risk index projects*. Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University Press. Hong Kong.

Quintero U., Víctor M., (1997). *Evaluación de Proyectos Sociales, Construcción de Indicadores*, Ingeniería Gráfica. Fundación para la Educación Superior, FES. Tercera Edición, Colombia.

Rashed T. y Weeks J. (2003). Assessing Vulnerability to Earthquake Hazards through Spatial Multicriteria Analysis of Urban Areas, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol 17, No 6, 547-576, San Diego State University, SDSU, San Diego.

Sánchez, R., (1997). *Peregrinación por el Concepto de Desarrollo Sostenible*. Revista Politeia. P 21- 46.

UN/ISDR, International Strategy for Disaster Reduction, (2004). *Living with Risk: A Global Review of disaster Reduction Initiatives*, Geneva: UN Publications. Disponible en: [http://www.unisdr.org/eng/about\\_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm](http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm). Anexo 1.

UN/ISDR, International Strategy for Disaster Reduction, (2005). *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*, World Conference on Disaster Reduction, 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo. Disponible en: <http://www.unisdr.org/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>.

Wilches-Chaux, 1989. *Desastres, Ecologismo y Formación Profesional*, Popayán, SENA.

## **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

Cardona, O.D. (2006). *Disaster Risk and Vulnerability: Notions and Metrics of Environmental Insecurity for a Decision Science*. Coping with Global Environmental

Change, Disasters and Security Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks. En revisión para publicación. Springer-Verlag.

Cardona, O.D. (2007). *A System of Indicators for Disaster Risk Management in the Americas*. Globalization, Diversity, and Inequality in Latin America: The Challenges, Opportunities, and Dangers. University of Pittsburgh.

Cardona, O.D.; Hurtado, J. E.; Duque, G.; Moreno, A.; Chardon, A.C.; Velásquez, L.S. y Prieto, S.D. (2003). *Indicadores para la Medición del Riesgo: Fundamentos para un Enfoque Metodológico*. 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. (2004a). *Dimensionamiento relativo del riesgo y de la gestión: Metodología utilizando indicadores a nivel nacional*. 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. (2004b). *Resultados de la Aplicación del Sistema de Indicadores en Doce Países de las Américas*. IDB/IDEA Program of Indicators for Disaster Risk Management, National University of 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. (2005). *Indicators of Disaster Risk and Risk Management: Program for Latin America and the Caribbean. Summary Report*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmzl.edu.co>

Cardona, O.D. & Barbat, A. H. (2000). *El Riesgo Sísmico y su Prevención*, Cuaderno Técnico 5, Calidad Siderúrgica, Madrid.

Cardona, O.D., Hurtado J.E. (2000). “Modelación Numérica para la Estimación Holística del Riesgo Sísmico Urbano, Considerando Variables Técnicas, Sociales y Económicas” *Métodos Numéricos en Ciencias Sociales (MENCIS 2000)*, Oñate, E. et al. (Eds.) CIMNE-UPC, Barcelona.

Carreño-Tibaduiza, M.L (2001). *Sistema Experto para la Evaluación del Daño Postsísmico en Edificios*, Tesis de Magister, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Los Andes, Bogotá.

Carreño M.L., Cardona, O.D., & A.H. Barbat, (2006). *Urban Seismic Risk Evaluation: A Holistic Approach*. Natural Hazards.